



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Facultat de Nàutica de Barcelona



Sistema Galileo: El concepto europeo de la navegación por satélite.



Juan Antonio Martínez Tébar

DNM TFC

Julio 2013

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Sistemas de navegación por satélite	5
1.2. Principios de funcionamiento	6
1.2.1. Segmento espacial.	8
1.2.2. Segmento de control	8
1.2.3. Segmento de usuarios	8
1.3. EGNOS y GALILEO	9
2. NECESIDAD DE UN SISTEMA EUROPEO	17
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA GALILEO	21
3.1. Estructura y características técnicas	22
3.1.1. Elemento Global	22
3.1.2. Elemento Regional	24
3.1.3. Elemento Local	25
3.1.4. Elemento Usuario.....	26
3.2. Señales y Frecuencias.....	27
3.2.1. Señal Galileo E1	28
3.2.2. Señal Galileo E6	30
3.2.3. Señal Galileo E5	31
3.3. Interoperabilidad.....	32
3.2.1. Acuerdo entre la U.E. y EE.UU.	34
3.4. Integridad	35
3.5. Autenticación.....	37
3.5. Marco Legal.....	38

4. SERVICIOS QUE OFRECERÁ GALILEO	40
4.1. Servicio Abierto	40
4.2. Servicio Comercial	40
4.3. Servicios “Safety of Life”	41
4.4. Servicio Público Regulado.....	41
4.5. Servicios de búsqueda y rescate	42
4.6. Otros servicios.....	43
5. APLICACIONES	44
5.1. Aplicaciones GPS	44
5.1.1. Navegación	45
5.1.2. Ciencias geográficas	46
5.1.3. Aplicaciones Militares	47
5.1.4. Sincronización de sistemas	48
5.1.5. Otras aplicaciones.....	48
5.2. Aplicaciones GALILEO	50
5.2.1. Aspectos éticos y vida privada	54
5.2.2. Ámbitos de intervención del sector público	54
5.2.3. Plan de Acción	55
5.2.4. Galileo Masters	58
5.2.5. Servicios Premium.....	60
6. EVOLUCION DEL PROYECTO	64
6.1. Fases de implantación	65
6.1.1 Definición del sistema (1999-2002)	66
6.1.2. Desarrollo del sistema (2002-2013)	66
6.1.3. Operación y explotación comercial (2014 en adelante)...	67

6.2. Fases de funcionamiento	68
6.2.1. Fase de Validación en órbita (IOV)	68
6.2.2. Fase de Capacidad Plena de Operaciones (FOC)	71
7. COMPARACIÓN CON EL ACTUAL SISTEMA GPS	73
8. CONCLUSIONES	77
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
Otras referencias de internet	82
10. ACRÓNIMOS	83

1. INTRODUCCIÓN

Para poder desplazarse de un lugar a otro, el hombre ha necesitado, desde los tiempos más remotos, conocer dos cosas: su posición y la dirección a seguir para alcanzar el lugar de destino. Al principio, el reconocimiento del terreno o de la costa era el procedimiento utilizado.

Pronto se hizo necesario buscar métodos basados en conceptos distintos, sobre todo para viajes largos o a través del mar sin avistamiento de la costa. Mucho antes del nacimiento de Cristo ya se utilizaban el sol y las estrellas. Mediante los cuadrantes, sextantes, ballestillas y astrolabios, los navegantes utilizaban el sol en su cenit y la polar para determinar su latitud.

Las primeras referencias escritas sobre la utilización de la brújula (o “aguja de marear” como se le llamaba en el castellano de la época) datan del siglo XII d. C. Este sencillo dispositivo supuso un gran avance, permitía estimar el rumbo en todo momento sin observar el cielo y facilitó los viajes transoceánicos.

La determinación de la longitud estaba unida a la precisión del reloj que se utilizase. Salvo los prolijos métodos basados en la observación de sucesos astronómicos, hasta el siglo XVIII no se obtuvieron cronómetros suficientemente precisos que redujeran el error tras varios días de navegación a límites razonables.

La invención de la radio por Marconi en 1895 dio paso a los sistemas de radionavegación, utilizados ya en la primera guerra mundial y que fueron creciendo hasta llegar a la multitud de sistemas basados en radiocomunicaciones terrenales: OMEGA, TACAN, LORAN, VOR... hasta los locales ILS y MLS, sin olvidar la importancia del radar.

Finalmente, los sistemas hoy disponibles basados en satélites –GPS y GLONASS– presentan unas características muy ventajosas en cobertura, precisión e incluso coste y permiten apostar a que la siguiente generación batirá en toda regla a todos los sistemas de navegación conocidos.

Se cierra así, por el momento, un ciclo en la historia de la navegación de la humanidad por el planeta Tierra: empezó mirando al cielo

utilizando las estrellas como referencia y hoy vuelve a mirar al cielo utilizando los satélites.

1.1. Sistemas de navegación por satélite

El primer sistema de navegación por satélite nació de la coincidencia de una "necesidad vital" de la Marina de los Estados Unidos y de la aparición de un avance tecnológico sin precedentes: la capacidad de situar satélites artificiales en órbita alrededor de la Tierra.

En efecto, en 1957 en plena Guerra Fría, la Marina norteamericana inició el programa Polaris, cuyo objetivo era el despliegue de misiles intercontinentales ocultos bajo el agua, embarcándolos en submarinos dispersos en los océanos. Cada misil apuntaba a un objetivo estratégico seleccionado y el éxito del proyecto dependía de la capacidad de determinar con precisión la posición de los submarinos en cualquier punto de la Tierra, lo que requería un sistema de navegación global, utilizable en todo momento y en cualquier punto.

Por otro lado, los investigadores de la Universidad Johns Hopking habían comprobado la posibilidad de determinar con gran precisión la órbita del Sputnik-1 a partir del desplazamiento Doppler sufrido por la señal que emitía (como consecuencia del movimiento del satélite) y del conocimiento preciso de la posición del receptor que la sintonizaba.

En una conversación casual entre investigadores de ambos proyectos, el doctor McClure comentó la posibilidad de invertir el problema: si se conociese la posición de un satélite de forma precisa, sería posible determinar la de un receptor situado en el submarino de posición desconocida, midiendo el desplazamiento Doppler sufrido por una señal emitida desde el satélite. Había nacido TRANSIT, el primer sistema de navegación por satélite.

El programa TRANSIT comenzó en 1958 y se declaró operacional en 1964, tras el lanzamiento de diez satélites. Posteriormente, en 1967, se permitió su utilización civil, estando en servicio durante 33 años y habiendo sido utilizado por 250.000 usuarios; un éxito sin precedentes.

Por su parte, la Unión Soviética desarrolló el CICADA, un sistema muy similar al de la Marina norteamericana.

A pesar de su sencillez y sus limitaciones (por ejemplo no se podía utilizar en navegación aérea), el sistema TRANSIT estableció todos los conceptos básicos de los sistemas de navegación por satélite: estructura del sistema, fuentes de error, técnicas de navegación y geodésicas, etc. De hecho, el GPS (Global Positioning System) no es más que su evolución lógica de la mano de nuevos desarrollos tecnológicos que permitieron la superación de dichas limitaciones.

1.2. Principios de funcionamiento

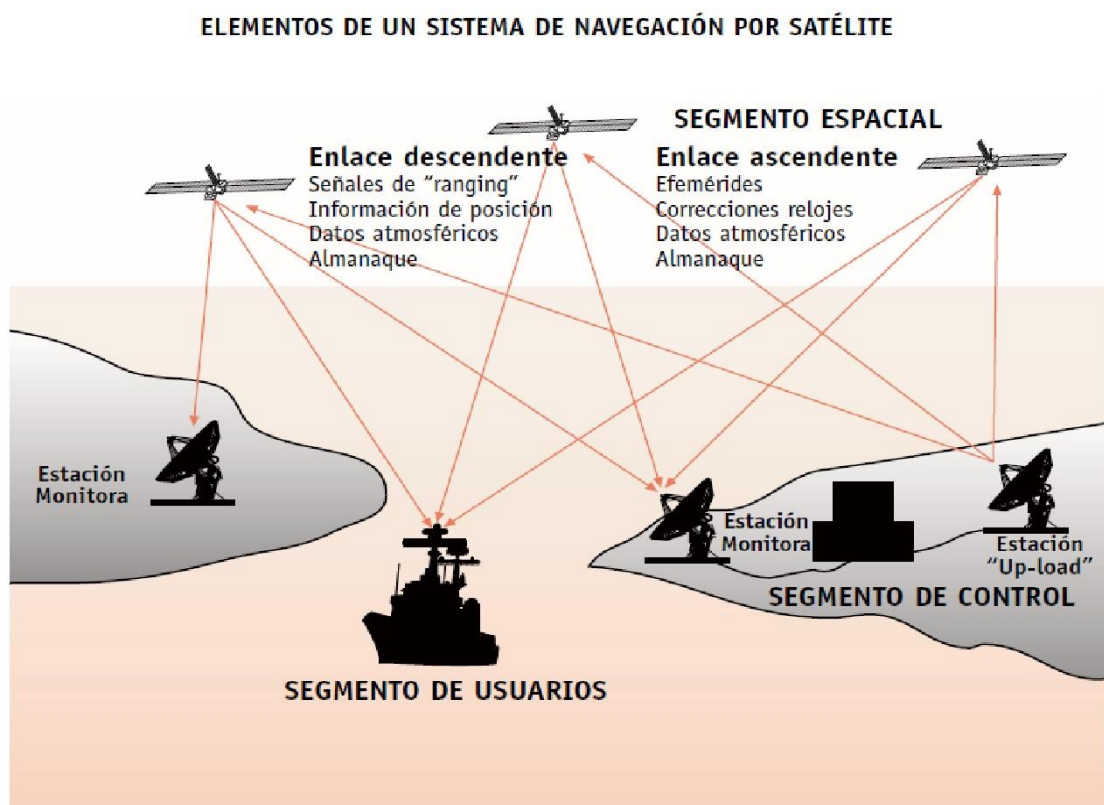
Sin entrar a fondo en cuestiones más técnicas, para entender cómo funciona a grandes rasgos un sistema de navegación por satélite basta con conocer los siguientes principios. Las medidas básicas que pueden realizarse a partir de las señales emitidas desde los satélites son: la distancia de la línea de visión directa observador-satélite y la velocidad de variación con el tiempo de esa distancia. La primera se obtiene del tiempo que tarda la señal en alcanzar al observador o del desfase que sufre la portadora, y la segunda del desplazamiento Doppler que sufre esa misma portadora.

La medida en un cierto instante o en un intervalo de tiempo de una de las dos magnitudes permite establecer una superficie en la que está el observador (en el primer caso un esferoide y en el segundo un hiperboloide). Para establecer la posición del observador se requieren varias superficies cuya intersección es la posición buscada. Además, estas superficies deben cortarse adecuadamente, lo que exige que los satélites ocupen posiciones muy alejadas entre sí en el espacio. Para ello existen dos soluciones:

- Utilizar un sólo satélite y realizar las medidas en diferentes instantes o intervalos de tiempo a lo largo de la trayectoria. En este caso, la posición se obtiene de forma discontinua, pero con pocos satélites se puede cubrir toda la superficie terrestre. Así se concibió el sistema TRANSIT.

- Utilizar varios satélites y realizar simultáneamente las medidas de distancia y/o velocidad de variación de la distancia del observador a los satélites. En este caso la posición se obtiene de forma casi continua, lo que permite su utilización por móviles de gran dinámica (aeronaves), pero son necesarios muchos más satélites. Así está diseñado el sistema GPS.

En el primer caso, se utilizan satélites de baja altura (denominados LEO: Low Earth Orbit) para que cambien rápidamente su posición respecto al observador. Por ejemplo, el sistema TRANSIT utilizaba seis satélites con órbitas polares a 1.100 kilómetros de altitud con un período de revolución de 107 minutos. Por el contrario, el sistema GPS utiliza 24 satélites con órbitas a 20.000 kilómetros de altura (denominados MEO: Medium Earth Orbit) y períodos de revolución de 12 horas.



La implementación práctica de estas ideas tan simples es muy compleja. De hecho, un sistema de navegación por satélite está constituido por tres partes o segmentos:

1.2.1. Segmento espacial.

Son los satélites, encargados de generar y transmitir las "señales de navegación". Se usan satélites no geoestacionarios que sobrevuelan todos los puntos de la superficie terrestre y cuyas órbitas deben ajustarse para que, en cualquier punto, se vea un número mínimo de satélites con una periodicidad adecuada para permitir, en recepción, el cálculo de la posición con una determinada precisión.

1.2.2. Segmento de control

Está constituido por las estaciones terrenas de seguimiento. Dado que su emplazamiento es conocido, determinan los parámetros orbitales con mucha precisión a partir de las señales transmitidas por los satélites. Los datos se envían, junto con señales de tiempo para sincronizar el sistema, a los satélites mediante un enlace radio en banda S para, posteriormente, retransmitirlos a los usuarios.

En los sistemas actualmente en funcionamiento, dichos datos se envían modulando en fase las portadoras utilizadas para las medidas de distancias y desplazamientos Doppler. Las efemérides utilizadas en el sistema GPS, los datos que permiten al receptor calcular la posición de los satélites, son calculadas y difundidas por varias organizaciones (www.igsb.jpl.nasa.gov).

1.2.3. Segmento de usuarios

En los sistemas de navegación por satélite, los equipos a bordo consisten básicamente en un receptor y un calculador. El receptor permite obtener los desplazamientos Doppler y/o los retardos temporales así como los datos orbitales y las señales de sincronismo. El calculador, con estos datos y otros que se introducen directamente desde la nave, calcula la posición y corrige los errores introducidos por diversas causas como la propagación por la ionosfera y la troposfera, movimiento de la nave, fenómenos relativistas, etc. Según la aplicación, los equipos incluyen capacidades adicionales (presentación de mapas, almacenamiento de datos...), disponiéndose de una elevada oferta en el mercado.

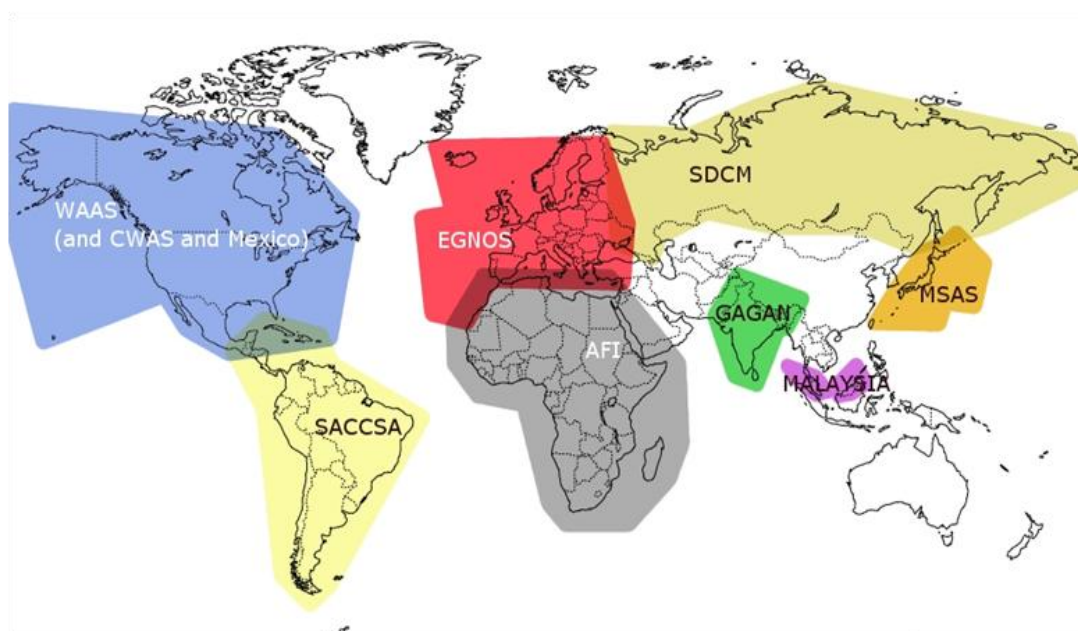
1.3. EGNOS y GALILEO

Los Sistemas Globales de Navegación por Satélite, denominados genéricamente como GNSS, han supuesto una revolución en la navegación, el posicionamiento, la geodesia y el desarrollo de aplicaciones específicas o de valor añadido dentro de los más diversos campos. Hasta ahora, se conocen dos sistemas básicos: uno desarrollado por los Estados Unidos, el GPS, y otro desarrollado por Rusia, el GLONASS. Ambos sistemas fueron ideados bajo premisas militares y en la actualidad su control depende de entidades armadas, como es el caso del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, que lleva el control del GPS.

Sobre estos dos sistemas, se han desarrollado una serie de mejoras encaminadas a incrementar las prestaciones de los mismos y garantizar su señal, pero siempre dependientes de las constelaciones básicas. Se trata de los sistemas de aumentación basados en satélites (Satellite-Based Augmentation Systems, SBAS), que utilizan mensajes emitidos por satélites adicionales y una red de estaciones terrestres para mejorar los datos del GNSS. Por sí solo, el GNSS no cumple con los requisitos operativos necesarios que establecen las autoridades de aviación civil y dicha mejora de la exactitud es necesaria para aplicaciones en las que la seguridad de las personas está en juego, siendo también positiva para la evolución de todas las demás aplicaciones basadas en la navegación por satélite.

Estos sistemas de aumentación son conocidos como SBAS y hacen referencia a los ya operativos EGNOS europeo (European Geostationary Navigation Overlay Service); WAAS (Wide Area Augmentation System) de los Estados Unidos (para la zona de Canadá, Canadian WAAS: CWAAS); MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System) de Japón y los GBAS (Ground Based Augmentation System) o elementos de área local, que se diferencian de los SBAS en que ellos no dependen de los satélites Geoestacionarios (GEO), debido a que el GBAS no está diseñado para ofrecer su servicio sobre amplias regiones geográficas. También incluyen a sistemas de aumentación en vías de implementación como los de India (GAGAN) y China (SNAS); y a los

que están en estudios de viabilidad para implementarlos en un futuro, como los de las zonas de Rusia, Malasia, África, Sudamérica y Méjico.



Todos ellos constituyen el denominado GNSS-1, que es el sistema actual. Estos sistemas toman en cuenta factores medioambientales, como las perturbaciones ionosféricas, para corregir los errores de las señales del GNSS. Las correcciones se transmiten entonces a los receptores de los usuarios a través de los satélites geoestacionarios que forman parte del SBAS. Entre otros sectores, los sistemas de aumentación como EGNOS mejoran todos los aspectos de las operaciones marítimas, desde las operaciones de los puertos y los guardacostas, hasta la exploración en alta mar y la gestión de la pesca. Todos los SBAS son interoperables, por lo que con un único receptor los usuarios pueden beneficiarse de la aumentación de la navegación por satélite en cualquier lugar del mundo.

El programa EGNOS consiste en desarrollar un complejo sistema para complementar las señales ya existentes y disponibles de GPS y, en su caso GLONASS, de forma que se puedan cumplir requisitos de usuario muy exigentes no sólo en cuanto a precisión sino también desde el punto de vista de seguridad, como los que solicita la aviación civil. Y además, se tiene igualmente en cuenta que otros usuarios menos exigentes puedan beneficiarse de sus mejores prestaciones, por lo que tiene un impacto indudable también en el transporte por tierra y por mar.

El programa EGNOS se propone mejorar los siguientes parámetros:

- Precisión.
- Integridad.
- Disponibilidad del servicio.
- Continuidad del servicio.

Los principales requisitos de EGNOS se incluyen en el cuadro adjunto. La precisión debe llegar hasta los 4 metros en horizontal. La integridad, o capacidad del sistema de ofrecer una comprobación independiente de la validez y precisión de la señal de cada satélite, debe proporcionar tiempos de alerta mejores que 6 segundos y el servicio debe estar disponible, al menos, el 99% del tiempo.

REQUISITOS DE EGNOS

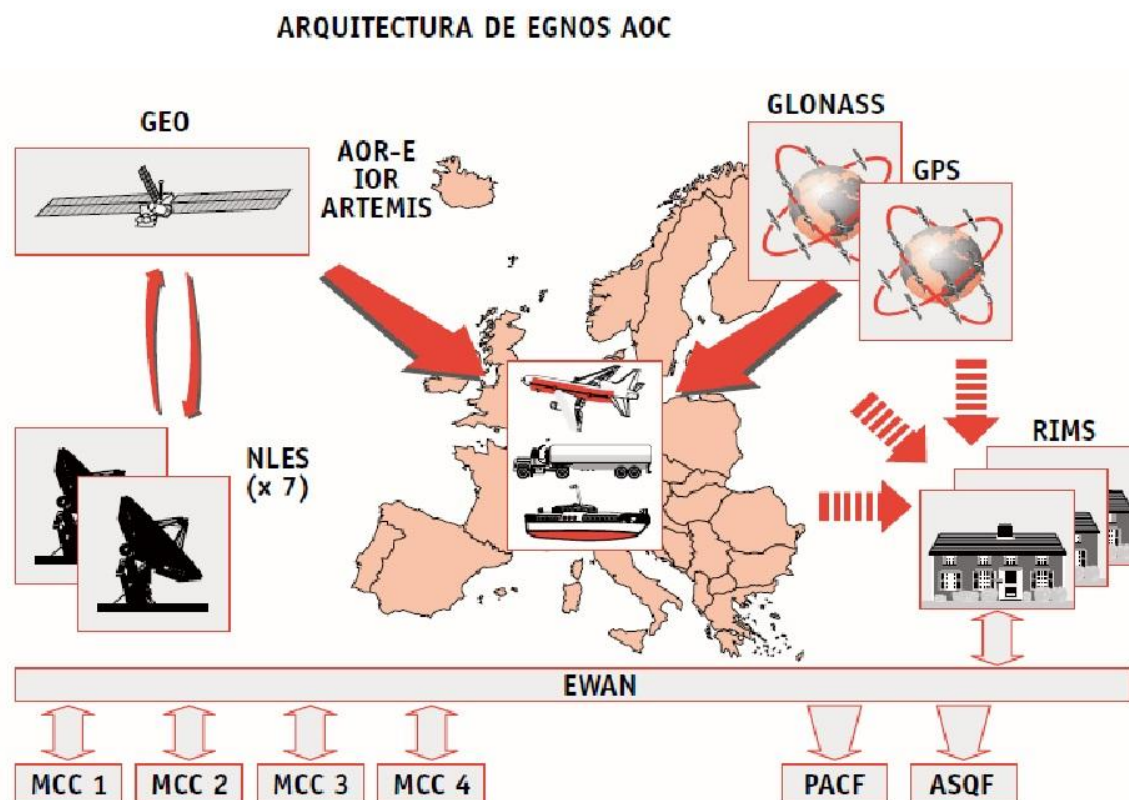
	GPS-RECEIVER	GPS-EGNOS RECEIVER
Accuracy	20m*	7,7m vertical / 4m horizontal
Availability	58-97% (RAIM)	99% – 99,999%
Integrity (Time to Alert)	RAIM only Not specified	RAIM + EGNOS Integrity Channel better than 6 sec.
Continuity	1/10.000 hours	1/10.000.000 hours
Timing (UTC)	300 nsec	10 nsec

* Precisión sin error intencionado (SA). Con SA activo típico, pasa a 100 m.

Los sistemas GPS y GLONASS tienen las limitaciones inherentes a estar controlados por los gobiernos de Estados Unidos y Rusia y con aplicaciones militares prioritarias, en lugar de estar bajo el control de un organismo civil internacional. En estos aspectos, EGNOS introduce algunas mejoras: por ejemplo, reduce el error (“selective availability” o SA) que intencionadamente se introducía hasta hace poco tiempo en la señal GPS disponible para usuarios civiles.

Resumiendo un sistema muy complejo, el EGNOS desarrolla tres funciones de mejora principales: de medida de distancia, de integridad y

de corrección diferencial de área amplia. Esto se lleva a cabo mediante los elementos de la figura Arquitectura EGNOS AOC (Advanced Operational Capability).



Se refuerza la constelación GPS y GLONASS con cargas de pago en tres satélites GEO, dos de Inmarsat y el Artemis de la Agencia Espacial Europea (ESA), que simulan satélites GPS adicionales y además difunden las señales de corrección y de integridad a los receptores de los usuarios. Se dispone una red de estaciones de tierra (RIMS) que reciben las señales de los satélites GPS/GLONASS y las envían, mediante la red de telecomunicaciones EWAN (EGNOS Wide Area Network), a los Centros Principales de Control (MCC) donde se calculan las correcciones para mejorar la precisión así como establecer la integridad. Las estaciones terrenas NLES (Navigation Land Earth Stations) generan las señales y las envían a los satélites GEO.

La siguiente generación de sistemas de navegación y posicionamiento por satélite se denomina GNSS-2, y constituye una mejora sobre los sistemas actuales. Ello supone una nueva oportunidad para incorporarse a esta tecnología emergente y con un amplio horizonte tecnológico y

económico. Ante ello, la Comunidad Europea decidió diseñar un plan encaminado a dotar a Europa de un Sistema de Navegación por Satélite independiente de los actuales y que permita a la industria europea posicionarse en este campo frente a sus homónimos de Estados Unidos. Este sistema que está implantando y desarrollando la Unión Europea, de la mano de la ESA y con apoyo del sector privado, se ha denominado Galileo.

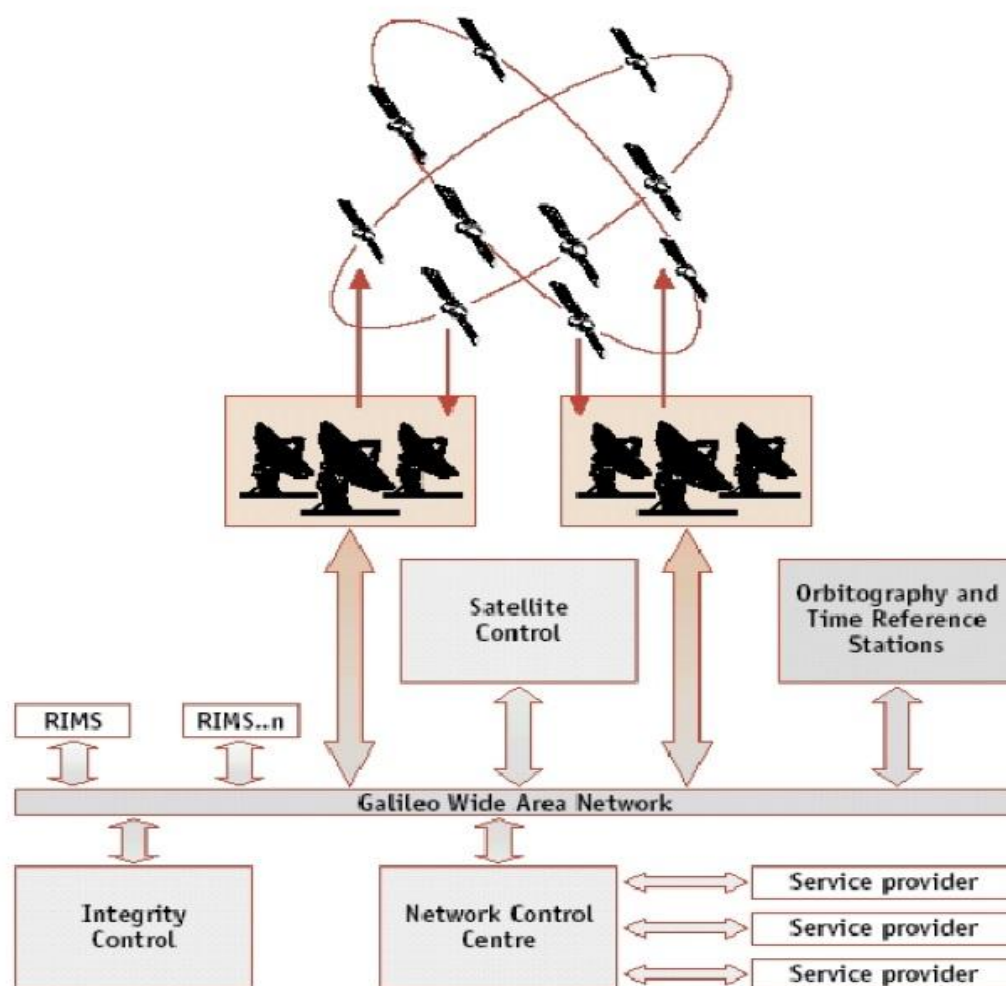
REQUISITOS DE GALILEO

GALILEO Services	General-Purpose	Commercial		Public-Utility	
Coverage	Global	Global	Local	Global	Local
Accuracy	15-30m (single frequency) 5-10m (dual frequency)	5-10m (dual frequency)	<10cm-1m (local augmentation signals)	4-6m (dual frequency)	1m (local augmentation signals)
Availability	99%	99%	99%	99%-99,9%*	99%-99,9%*
Integrity	Not generally required	Value-added service		Mandatory requirement	
Alert limit	—	20-45m	2-3m	<15m	3-5m
Time to Alert	—	10 seconds	1 second	6 seconds	1 second
Integrity Risk	—	10^{-7} /hour	10^{-7} /hour	2×10^{-7} /150 sec.	2×10^{-9} /150 sec.
Continuity Risk	—	10^{-4} /hour	10^{-4} /hour	8×10^{-6} /15 sec.	5×10^{-6} /15 sec.
Timing Accuracy w.r.t. to UTC/TAI	50 nsec	<50 nsec		50 nsec	
Access Control	Free Open access	Controlled access of value-added Data	Controlled access of Local Correction Data	Controlled access of Navigation Code value-added Data	Controlled access of Local Correction Data
Certification and Service Guarantees	No	Guarantee of Service possible		Build for Certification, Guarantee of Service possible	

* Higher availability subject to confirmation.

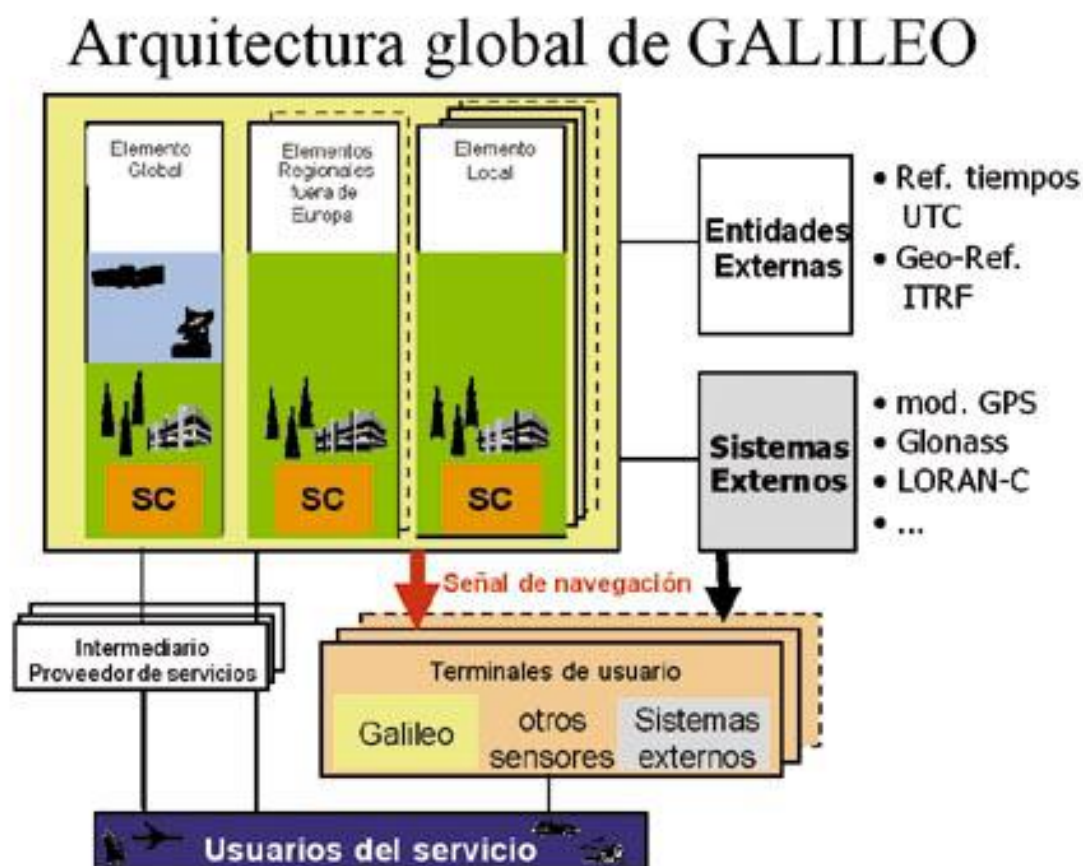
Galileo es el Sistema Europeo de Navegación por satélite, que proporcionará un servicio de posicionamiento global y de temporización de gran precisión, bajo control civil. Será compatible con los sistemas GPS y GLONASS, los sistemas americano y ruso de navegación por satélite.

ARQUITECTURA DE GALILEO



Más adelante se expondrá una descripción más detallada de las características técnicas y el funcionamiento de dicho sistema. A grandes rasgos, el sistema consiste en una constelación de 30 satélites, 27 operativos y 3 de reserva, situados en una órbita media (MEO) a 23.222 kilómetros de altitud respecto al ecuador, en tres planos de 56° de inclinación, con su correspondiente infraestructura terrestre. A esta constelación, se le añadirán los correspondientes elementos de aumentación regional o local para la correspondiente mejora de prestaciones donde así se considere necesario. Así mismo, y dentro del programa, se incluye el desarrollo de los elementos de usuario, básicamente los receptores, las aplicaciones y servicios. Todo ello bajo la premisa de la compatibilidad con los sistemas actuales para asegurar el concepto de Sistema de Navegación Global. En su definición se han

seguido criterios estrictamente civiles, aplicándose esta premisa en la definición de prestaciones, niveles de servicio, operación y provisión de los diferentes servicios, por lo que se puede afirmar, que se trata de un sistema de carácter totalmente civil.



Galileo es un proyecto insignia de la Política Espacial Europea. Sus objetivos son, entre otros, responder a las necesidades de los ciudadanos, respaldar otras políticas de la UE, desarrollar las aplicaciones espaciales y aumentar la competitividad de los europeos.

Además, debe ser contemplado en el contexto más amplio de la política de la Comisión destinada a impulsar la innovación y en el de la estrategia de Lisboa, iniciativas todas ellas en las que la acción del sector público puede ser fundamental para el surgimiento de empresas competitivas a nivel mundial. Estamos en presencia de un ejemplo claro líder de mercado.

Los beneficios de estas tecnologías son ya conocidos merced a la existencia del GPS americano y continuamente surgen nuevas aplicaciones que cubren todos los grupos sociales y todos los sectores de la economía mundial. Se ha calculado que el valor de mercado de productos y servicios de este ámbito alcanzará para 2025 los 400.000 millones de euros.

El debate dirigido a todas las partes interesadas está abierto en torno a qué puede hacer el sector público, aparte del respaldo financiero a la creación de infraestructuras, para instaurar una política apropiada y establecer un marco jurídico propicio para el desarrollo de las aplicaciones de navegación por satélite.

2. NECESIDAD DE UN SISTEMA EUROPEO

Aunque bajo control militar, y destinados en un principio exclusivamente para uso de los ejércitos americano y ruso, los sistemas GPS y GLONASS proporcionan a millones de usuarios en todo el mundo información instantánea sobre su posición, virtualmente en cualquier momento y lugar. Además, muchas aplicaciones utilizan su función de hora, por ejemplo, para sincronizar las estaciones base de las redes de comunicaciones móviles. Sin embargo, el usuario sólo se beneficia parcialmente de los servicios GPS y GLONASS.

El GPS, constelación de 24 satélites MEO (órbita terrestre media) repartidos sobre seis órbitas circulares a 20.000 km de altitud, presenta unas limitaciones tales que la ICAO (Organización Internacional de Aviación Civil) no lo puede aceptar como medio único de navegación ya que no existen garantías de la integridad, disponibilidad y continuidad del servicio, lo que lo hacen incompatible con aplicaciones de alto nivel de seguridad.

El GLONASS, constelación de 24 satélites repartidos en tres órbitas de 19.100 km de altitud, debería proporcionar en teoría un servicio idéntico al del GPS. Sin embargo, sufre las actuales dificultades económicas de Rusia. La falta de medios financieros suficientes no puede asegurar la sustitución de satélites. De hecho, solamente trece de los satélites están operativos.

La idea del sistema Galileo tomó forma en la década de los noventa, cuando la Unión Europea identificó la necesidad de crear un sistema mundial de navegación por satélite independiente, que respondiese a los criterios de:

- integridad,
- disponibilidad y continuidad del servicio,
- precisión (tanto para usuarios particulares como para los de ámbito profesional)
- control por una autoridad civil internacional.

Aunque se trate también de un sistema de localización por satélite, Galileo es completamente diferente, porque está concebido y construido desde el principio para un uso que requiere alta fiabilidad constante, controlable y demostrable en todo el mundo.

Los sistemas ya existentes son sistemas militares, controlados por fuerzas armadas, que cubren sus necesidades de fiabilidad en un momento determinado en una zona determinada, pero que no tienen porqué serlo siempre y en todas partes. En concreto, el Galileo está especialmente pensado para utilizarlo en actividades en las que la seguridad de las personas está en juego (como la aviación civil, transporte marítimo y terrestre...) y eliminar las restricciones que se plantean actualmente. A pesar de que se ha llegado a un acuerdo con EE.UU. y con Rusia para que el sistema Galileo sea totalmente compatible con los dos sistemas de navegación por satélite existentes, éste aportará una independencia total de aquéllos, es decir, podrá funcionar con independencia del GPS y GLONASS. No obstante será una piedra angular del que se vendrá a denominar "multi-GNSS", del que entrarán a formar parte también los propios sistemas que están desarrollando países como China, Japón o la India. Esto permitirá a los receptores utilizar señales de todos los satélites a la vista, al margen del sistema al que pertenezcan.

Para Europa, es esencial involucrarse en uno de los principales sectores industriales del siglo XXI. El sector aero-espacial es ampliamente reconocido en EE.UU. De hecho, Europa invierte en actividades espaciales la séptima parte de lo que invierte la potencia norteamericana, según los datos de *Libro Blanco del Espacio Europeo* aunque en dicha comparación se deja de lado la inversión espacial militar estadounidense, que supone la mitad del total allí. Esto significa que, como en Europa el gasto espacial militar no supera el 20% del total, la desigualdad real es muy superior a esa séptima parte. Europa no ha dado hasta el momento la prioridad que le ha dado al espacio EE.UU. Incluso, a modo de dato comparativo, cabe apuntar que China e India juntas en 2009 ya invertían en espacio lo mismo que Europa.

Se trata no obstante de un sector en el que Europa es buena, avanza muy rápido y es eficaz tanto desde el punto de vista organizativo como de las personas y tiene una gran repercusión en la aparición de nuevos

métodos de trabajo, conocimientos y en el desarrollo de tecnologías. Además de las aplicaciones directas de desarrollos espaciales en telecomunicaciones, teledetección y navegación. Hoy en día las aplicaciones de la navegación por satélite representan ya el 7% de la economía de la U.E. en términos de P.I.B. y esta cifra se incrementa cada día. El desarrollo del sistema Galileo como un sistema independiente va a permitir:

- ayudar a proteger a las personas cuyos medios de vida dependen de la navegación por satélite,
- poder seguir utilizando señales de navegación si otros sistemas se vuelven menos precisos o se desconectan, lo que puede ocurrir en tiempos de conflicto o si un sistema es objeto de un ataque;
- proteger el bienestar de las personas que viven en la UE y los ingresos asociados con las aplicaciones de la navegación por satélite.

Además, la órbita seleccionada para los satélites permitirá a Galileo ofrecer una mejor cobertura en latitudes altas, por lo que será más adecuado para el norte de Europa, que en la actualidad no está óptimamente cubierto por el sistema GPS.

Una vez el sistema esté totalmente establecido, las mejoras de la exactitud de la información por satélite que tendrán lugar, permitirán la aparición de una mayor gama de usos y prestaciones.

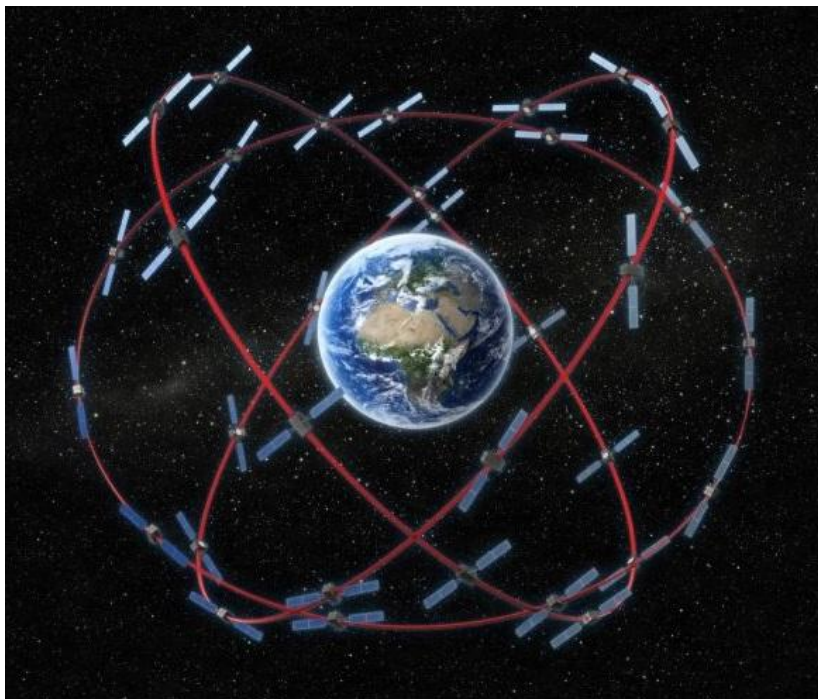
El mercado del equipamiento y servicios relacionados resultante del programa se han estimado en alrededor de 10.000 millones de Euros anuales, con la creación en Europa de más de 100.000 puestos de trabajo estrechamente relacionados. Las áreas en las que tendrá un papel relevante son muy variadas ya que proporcionará una navegación más precisa y fiable, el transporte por carretera (gestión de flotas de vehículos, asistencia y reparación o, en el futuro, las autopistas automáticas por las que se guiarán totalmente los coches), el transporte aéreo, marítimo y fluvial (tráfico en los aeropuertos, puertos o en zonas peligrosas o de mucho tráfico como el Canal de la Mancha, vías de navegación, rescate marítimo, seguimiento de mercancías...), el transporte ferroviario (gestión de trenes, mercancías, etc.). La precisión horaria también es un aspecto importante para la sincronización de las telecomunicaciones,

transacciones bancarias protegiendo a las personas frente al fraude y a los errores humanos, etc. También tendrá aplicaciones orientadas a la optimización de técnicas agrícolas, minería, ganadería, etc.

El desarrollo de Galileo impulsará el crecimiento de la U.E. y fomentará, a través de la innovación, nuevas oportunidades de negocio para fabricantes, proveedores de servicios, investigadores y otros. Todos los sectores de la economía, desde los conglomerados de empresas multimillonarias hasta las pymes especializadas se beneficiarán de las inversiones en el desarrollo y el funcionamiento de Galileo.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA GALILEO

El sistema Galileo es el sistema global de navegación por satélite desarrollado por la Unión Europea. Es uno de los proyectos más ambiciosos de la Agencia Espacial Europea (ESA). Surge de la necesidad que tiene Europa de disponer de un sistema de posicionamiento por satélite independiente del GPS o el GLONASS aunque compatible con ambos.



Distribución de la constelación de satélites Galileo en tres planos orbitales.

Cuando hablamos del sistema Galileo, en sentido amplio, abarcamos desde los componentes del sistema que posibilitarán su funcionamiento, hasta los aspectos políticos y económicos que hacen posible su viabilidad, que a lo largo de los años ha atravesado etapas en las que ha estado en verdadero peligro. Para comprender mejor en qué consiste el sistema, veremos una descripción de sus características técnicas y de diseño, pero también veremos las fases por las que ha atravesado y las que están previstas hasta que esté finalmente establecido, así como el papel que han tenido tanto la Unión Europea como otros países e incluso el sector privado en términos económicos para hacer posible el proyecto.

3.1. Estructura y características técnicas

La arquitectura del sistema Galileo se compone de cuatro componentes principales destinados a diferentes funciones:

- Elemento Global
- Elemento Regional
- Elemento Local
- Elemento de Usuario

3.1.1. Elemento Global

Este elemento proporcionará los cinco servicios básicos de Galileo (de los que hablaremos más adelante) a nivel global y comprende toda la infraestructura necesaria para este fin, formando el núcleo del sistema. Engloba el segmento espacial así como toda la red de estaciones terrenas que le darán soporte, desempeñando funciones de monitorización y control del sistema y de los satélites.

El segmento espacial estará compuesto por una constelación de 30 satélites (27 operativos y 3 de reserva) en órbita media (MEO) distribuidos en tres planos orbitales de 56° de inclinación con respecto al Ecuador terrestre y a una altitud media de 23.222 km. Los satélites estarán distribuidos uniformemente en cada plano y tardarán 14 horas en completar una órbita a la Tierra. Cada plano contará con nueve satélites operativos y con uno de reserva. Esta configuración orbital responde a la búsqueda de la mejora de la cobertura. Según los ingenieros y analistas de la ESA, con 30 satélites a esta altitud, hay una probabilidad muy alta (mayor del 90%) de poder ver un mínimo de cuatro satélites en cualquier momento desde cualquier lugar del mundo, lo que es en principio suficiente para determinar la posición del usuario. La inclinación de las órbitas permite garantizar una buena cobertura en latitudes polares, donde la recepción de la señal del sistema estadounidense GPS es bastante reducida.

Lo normal será tener siempre a la vista de seis a ocho satélites, lo que permite calcular la posición con una gran precisión. Cuando el sistema

esté plenamente operativo, proporcionará al usuario su posición con un margen de error de unos pocos centímetros (menor a un metro).

Los satélites son los encargados de proporcionar la señal de navegación y son controlados y seguidos por un segmento terreno compuesto por centros de control, estaciones de enlace para establecer contacto con los satélites, una red de estaciones de referencia con la que se controla la señal enviada por los satélites y determina las órbitas de éstos con una alta precisión. Estos centros de control pertenecientes al segmento terreno tienen una misión de gran importancia en cuanto al control y seguimiento de las señales emitidas por los satélites y en la detección de posibles errores, ya que, a modo de ejemplo, un pequeño error (a simple vista insignificante) del orden de la mil millonésima parte de un segundo en el reloj, significa un error en la posición del orden de 30 cm. Aquellas variaciones o modificaciones que se realicen sobre las efemérides de los satélites son transmitidas a los usuarios mediante la señal de navegación. Finalmente, los diferentes elementos del segmento terreno están unidos mediante una red de comunicaciones.

El segmento terreno irá provisto de elementos de gestión de servicios de comunicaciones que estarán unidos a servicios de búsqueda y rescate o, de forma más genérica, servicios de comunicaciones unidos a información de posicionamiento. Comprende tres estaciones maestras GCC (Galileo Control Center) que llevan a cabo funciones de control y de misión con dos segmentos dedicados en exclusiva a cada una de estas funciones:

- **Ground Control Segment (GCS):** red de cinco estaciones TT&C distribuidas por todo el mundo que prestarán el servicio necesario a los GCC para que puedan llevar a cabo sus funciones de control.

Los GCC son los encargados de administrar los satélites y su mantenimiento en órbita. Se comunicarán con cada satélite de manera regular y programada, para ello cada estación cuenta con una antena de 13 metros capaz de operar en la banda de 2 GHz. Son el equivalente a la MCS de GPS.

- **Galileo Mission Segment (GMS):** formada por una red global de 30 estaciones, Galileo Sensor Stations (GSS), encargadas de monitorizar las señales emitidas por los satélites.

Las GSS se encargarán de dos funciones; determinar la órbita y sincronización temporal de los satélites (OD&TS), y monitorizar la integridad de la señal emitida por los satélites, retransmitiendo dicha información a satélites multidifusión que enviarán la información de integridad de la señal al segmento usuario.

El componente global estará gestionado y controlado por entidades civiles que inicialmente serán europeas, existiendo no obstante un interface civil-militar.

3.1.2. Elemento Regional

El componente regional se crea para conseguir mayores prestaciones sobre una región determinada, así como para proporcionar información de integridad sobre dicha región. La integridad de la información ofrecida con el servicio *Safety-of-Life* de Galileo es proporcionada por el Elemento Global y será válida en todo el planeta. Adicionalmente, las regiones interesadas podrán proveer un servicio opcional regional de integridad. Esto permitirá a dichas regiones utilizar las aplicaciones Galileo de seguridad de la vida de acuerdo con sus propios requerimientos específicos y regulaciones de la integridad. El Elemento Regional dará a las regiones la posibilidad de determinar la integridad de su propia información y transmitirla a través de los satélites.

Si bien no existe aún una definición precisa sobre cómo se conformará este elemento en las diferentes regiones, se sabe que se compondrá de un sistema de control de integridad formado por una red de estaciones localizadas en puntos conocidos que enviarán la información de integridad a una central de proceso y control.

Una vez procesados los diferentes mensajes recibidos, el resultado final se incluirá en el mensaje de los satélites. Al objeto de asegurar la protección del sistema, los datos regionales no serán enviados de forma

directa a los satélites, sino a través de un componente global que controlará todos los accesos a los satélites Galileo. Con este concepto, el máximo número de regiones a cubrir es de seis, debido a las limitaciones existentes en la transmisión de datos en el mensaje de información de navegación. No obstante, se está analizando la posibilidad de integrar Galileo con otros sistemas, como el LORAN-C, lo que permitiría aumentar el número de regiones.

3.1.3. Elemento Local

Algunas aplicaciones específicas de posicionamiento y navegación requerirán unas prestaciones de alto nivel de desarrollo que no puede satisfacer el Elemento Global por sí solo. Estas aplicaciones suelen ser muy localizadas y requieren un servicio dentro de un área de cobertura limitada. Para satisfacer la demanda de este tipo de prestaciones más sofisticadas, se generarán señales adicionales para aumentar las señales de los satélites, proporcionando mayores prestaciones en términos de precisión, disponibilidad, continuidad e integridad. Se trata del Elemento Local. Este elemento tiene en definitiva por objeto proporcionar un incremento de la integridad y la precisión sobre áreas locales tales como aeropuertos, puertos, zonas de dragados, etc.

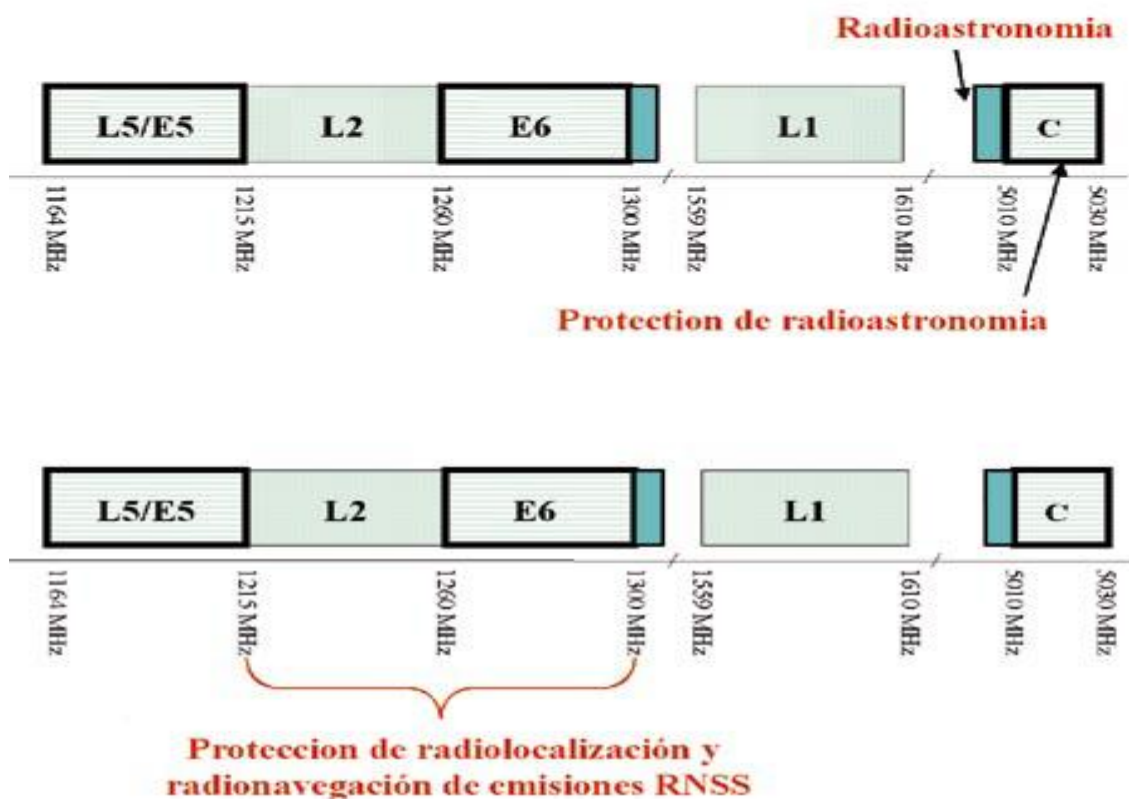
Para ello se recurrirá a las llamadas estaciones diferenciales locales, situadas en puntos conocidos con una alta precisión, que podrán calcular los errores existentes en la señal Galileo y difundirlo a los usuarios a través de un medio de comunicación de corto alcance (por ejemplo VHF), que permita un alcance de unos 50 km. Esta tecnología también se podrá combinar con sistemas existentes, tales como las aplicaciones de la telefonía móvil. Los estudios predictivos acerca del análisis del mercado relacionado con el sistema Galileo sugieren que los componentes locales proliferarán significativamente alrededor del mundo para proporcionar servicios altamente localizados de carácter diverso, desde servicios de guía de precisión para la aviación en los aeropuertos hasta publicidad y asistencia al consumidor público en centros comerciales.

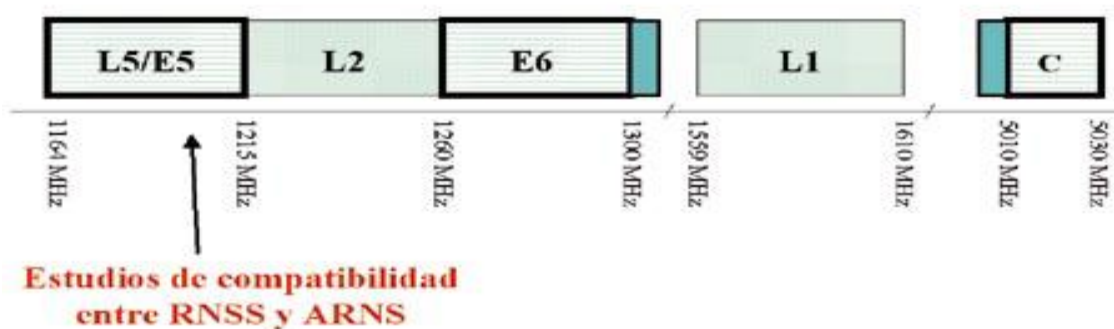
3.2. Señales y Frecuencias

Las señales de navegación estarán disponibles en el receptor mediante la modulación de los códigos de “ranging” y datos en portadoras de radiofrecuencia que serán transmitidas por las cargas de navegación de los satélites.

El grupo de frecuencias de referencia para las diferentes portadoras, así como la porción de espectro alrededor de cada frecuencia, y que será necesario para la transmisión de las señales de navegación, se conoce como plan de frecuencias Galileo, el cual se está desarrollando de acuerdo a las regulaciones y acuerdos alcanzados en el ámbito de la ITU (International Telecommunication Union) y foros como la CMR (Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones).

El espectro disponible y que puede ser usado en el desarrollo de los sistemas de navegación por satélite es el mostrado en la figura adjunta, donde se pueden apreciar las bandas identificadas para Galileo.





La descripción de las diferentes bandas se corresponde a: E5 y L5, cubriendo entre ambas un espectro de 1.164 MHz a 1215 MHz. Dentro de esta banda, el uso de 24 MHz del espectro centrado en la frecuencia seleccionada, se está evaluando, dependiendo de cómo evolucione la interoperabilidad entre E5 y L5, y la coexistencia con otros sistemas, tales como DME (Distance Measuring Equipment), JTIDS/MTIDS (Joint Tactical Information Distribution Systems/Multifunction Information Distribution System) y los requerimientos de independencia de Galileo.

En este sentido, se están evaluando una frecuencia centrada en 1202 o 1207. E6, cubriendo de 1260 a 1300. Dentro de esta banda se está considerando el uso de 30 MHz de espectro al objeto de acomodar las señales para un Servicio Público Regulado y el Servicio Abierto. E2, cubriendo de 1559 a 1563. Esta banda podría acomodar una señal para el Servicio Público Regulado. E1, cubriendo de 1587 a 1591. Esta banda podría acomodar los servicios abiertos y Safety of Life.

A continuación figura una breve descripción actualizada de las señales del Galileo disponibles para su utilización en aplicaciones de navegación y determinación de la hora.

3.2.1. Señal Galileo E1

La señal Galileo E1 se transmite en la frecuencia central 1.575,42 MHz. Consta de tres componentes que pueden utilizarse de forma autónoma o en combinación con otras señales dependiendo del comportamiento solicitado a la aplicación.

Los componentes se proporcionan fundamentalmente para el Servicio Abierto (OS), la «Seguridad de la vida humana» (SoL) y el Servicio público regulado (PRS), que incluyen todos ellos un mensaje de navegación. La portadora Galileo E1 presenta una modulación MBOC (consistente en el componente de datos E1-B y en el componente sin datos E1-C) para el OS y el SoL y una modulación en coseno BOC(15,2.5) (constituida por el componente E1-A) para el PRS. El tren de datos E1-B también incluye mensajes de integridad.

La modulación BOC es una manera de constituir la forma espectral (distribución de la densidad espectral de potencia con la frecuencia) de una señal transmitida. Las señales de tipo BOC se expresan en la forma $BOC(f_{sub}, f_{chip})$ donde las frecuencias vienen indicadas como múltiplos de la velocidad de chip de código GPS C/A de 1,023 Mchip/s.

La densidad espectral de potencia de la señal del Galileo PRS viene dada por:

$$G_{BOC_{\cos(f_s, f_c)}}(f) = f_c \left[\frac{2 \operatorname{sen}\left(\frac{\pi f}{f_c}\right) \operatorname{sen}^2\left(\frac{\pi f}{4 f_s}\right)}{\pi f \cos\left(\frac{\pi f}{2 f_s}\right)} \right]^2$$

donde:

$f_s = 15 \times 1,023 \text{ MHz}$ es la frecuencia subportadora

$f_c = 2,5 \times 1,023 \text{ MHz}$ es la velocidad de chip.

La modulación MBOC es tal que el espectro $G_{MBOC}(f)$ de la señal es:

$$G_{MBOC}(f) = \frac{10}{11} G_{BOC(1,1)}(f) + \frac{1}{11} G_{BOC(6,1)}(f)$$

donde:

$$G_{BOC(f_s, f_c)}(f) = f_c \left[\frac{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi f}{2 f_s}\right) \operatorname{sen}\left(\frac{\pi f}{f_c}\right)}{\pi f} \right]^2$$

con:

$$f_s = 1 \times 1,023 \text{ MHz} \quad \text{como frecuencia subportadora y}$$

$$f_c = 1 \times 1,023 \text{ MHz} \quad \text{como velocidad de chip para BOC(1,1)}$$

$$f_s = 6 \times 1,023 \text{ MHz} \quad \text{como frecuencia subportadora y}$$

$$f_c = 1 \times 1,023 \text{ MHz} \quad \text{como velocidad de chip para BOC(6,1)}$$

Transmisiones Galileo E1 en la banda 1.559-1.610 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1.559-1.594
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	1,023 (MBOC) 2,5575 ($BOC_{\cos}(15,2,5)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	125 (E1-B)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	250 (E1-B)
Método de modulación de la señal	MBOC (OS/SoL) $BOC_{\cos}(15,2,5)$ (PRS)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-157,25(MBOC)

NOTA 1– La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación superior o igual a 5°.

3.2.2. Señal Galileo E6

La señal Galileo E6 se transmite sobre una frecuencia central de 1.278,75 MHz. Esta señal proporciona un canal de distribución de datos para el «servicio comercial» (CS), un «servicio público regulado» (PRS), incluyendo ambos un mensaje de navegación.

La portadora E6 se modula con una modulación MDP2(5) para proporcionar el CS. La portadora Galileo E6 también se modula con un código $BOC_{\cos}(10,5)$ para proporcionar el PRS (el espectro para el Galileo E6 PRS sigue la misma ecuación que la señal E1 PRS anterior, pero con $f_s = 10 \times 1,023 \text{ MHz}$ y $f_c = 5 \times 1,023 \text{ MHz}$).

Transmisiones Galileo E6 en la banda 1.215-1.300 MHz

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1.260-1.300
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	5,115 (MDP2(5)) 10,23 ($BOC_{\cos}(10,5)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	500 (E6-B)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	1.000 (E6-B)
Método de modulación de la señal	MDP2(5) (CS) $BOC_{\cos}(10,5)$ (PRS)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-155,25 (BSK(5)) (Véase Nota 1)

NOTA 1 – La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier ángulo de elevación superior o igual a 5°.

3.2.3. Señal Galileo E5

La señal Galileo E5 está centrada en 1.191,795 MHz y se genera mediante una modulación AltBOC con una velocidad de subportadora de banda lateral de 15,345 MHz. Este esquema proporciona dos lóbulos laterales.

El lóbulo lateral inferior de Galileo E5 se denomina señal Galileo E5a y proporciona una segunda señal (recepción en frecuencia doble) para el servicio abierto (OS), incluidos los mensajes de datos de navegación.

La señal E5a es una señal de acceso abierto transmitida en la banda E5 que incluye un canal de datos y un canal piloto (o sin datos).

El lóbulo lateral superior de Galileo E5 se denomina señal Galileo E5b y proporciona un servicio abierto (OS) y un servicio de «Seguridad de la vida humana» (SoL), incluido un mensaje de navegación con un mensaje complejo de información de integridad.

La señal E5b es una señal de acceso abierto transmitida en la banda E5 que incluye un canal de datos y un canal piloto (o sin datos).

La densidad espectral de potencia de la señal AltBOC viene dada por:

$$G_{AltBOC}(f) = \frac{f_c}{2\pi^2 f^2} \frac{\cos^2\left(\frac{3\pi f}{2f_s}\right)}{\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)} \left[\cos^2\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - \cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right) - 2\cos\left(\frac{\pi f}{2f_s}\right)\cos\left(\frac{\pi f}{4f_s}\right) + 2 \right]$$

donde:

$f_s = 15 \times 1,023$ MHz es la frecuencia subportadora

$f_c = 10 \times 1,023$ MHz es la velocidad de chip.

Transmisiones Galileo E5 en la banda 1 164-1 215 MHz.

Parámetro	Valor del parámetro
Gama de frecuencias de la señal (MHz)	1 164-1 219
Velocidad de chip de código PRN (Mchip/s)	10,23 ($G_{AltBOC}(15,10)$)
Velocidades de bit de datos de navegación (bit/s)	25 (E5a), 125 (E5b)
Velocidades de símbolo de datos de navegación (símbolo/s)	50 (E5a), 250 (E5b)
Método de modulación de la señal	AltBOC(15,10) (Véase Nota 1)
Polarización	Circular dextrógira (RHCP)
Mínimo nivel de potencia recibida a la salida de la antena de referencia (dBW)	-155,25 para E5a -155,25 para E5b

NOTA 1– La mínima potencia recibida en la superficie de la Tierra se mide a la salida de una antena receptora isótropa de 0 dBic para cualquier de ángulo de elevación superior o igual a 5°.

3.3. Interoperabilidad

Galileo es un sistema que abarca todo el planeta y, para poder obtener el máximo beneficio de él, es imprescindible la cooperación internacional. Esta cooperación contribuirá a aumentar los conocimientos técnicos industriales y a minimizar los riesgos tecnológicos y políticos existentes.

En esa cooperación se incluye, por supuesto, la cooperación con los dos países que disponen actualmente de sistemas de navegación por

satélite. Europa está estudiando ya, en colaboración con Estados Unidos, varios problemas técnicos relacionados con la interoperabilidad y la compatibilidad con el sistema GPS con el objetivo de garantizar que se puedan recibir tanto señales del GPS como de Galileo con el mismo receptor. Se está también estudiando la manera de cooperar con la Federación de Rusia, que posee una valiosa experiencia en el desarrollo y la utilización de su sistema Glonass.

La compatibilidad de radiofrecuencias es esencial para hacer los tres sistemas interoperativos: las emisiones de Galileo no deben crear interferencias que degraden las prestaciones de un receptor GPS, y viceversa. Es por ello esencial coordinar los niveles de frecuencias y de potencias transmitidas. Esto también supone la fabricación de receptores en modo dual (o modo triple) capaces de tener en cuenta la diferencia de "hora de sistema" entre GPS y Galileo, y que funcionen con referencias geodésicas compatibles. Al ser compatible con GPS y GLONASS se asegura un gran número de satélites visibles en todo momento, por lo que será posible determinar la posición con precisión en cualquier lugar, incluso en el interior de ciudades con grandes edificios.

Aparte de la armonización técnica necesaria entre Galileo y los sistemas de navegación por satélite existentes, es indispensable la cooperación internacional para desarrollar el equipo basado en tierra y, en última instancia, para promover el uso amplio de esta tecnología. La cooperación sigue también la línea de los objetivos de la Comunidad en política exterior, cooperación con países en desarrollo, empleo y medio ambiente.

Varios países no europeos han contribuido ya al programa Galileo en la definición del sistema, investigación y cooperación industrial. Desde que el Consejo decidió poner en marcha el programa Galileo, otros países han expresado su deseo de colaborar con el programa de una forma u otra. La Comisión considera desde luego que Galileo es muy importante para todos los países del mundo y está dispuesta a ampliar la colaboración con los países que estén de acuerdo con esta idea de disponer de un sistema mundial de navegación por satélite para fines civiles, de altas prestaciones, fiable y seguro.

3.2.1. Acuerdo entre la U.E. y EE.UU.

El 30 de septiembre de 1999, basándose en una propuesta de la Comisión Europea de 14 de julio de 1999, el Consejo autorizó a esta a iniciar negociaciones con los Estados Unidos de América para la celebración de un acuerdo sobre el desarrollo de un sistema civil mundial de navegación.

Estas negociaciones concluyeron con éxito y el Consejo autorizó la firma del Acuerdo mediante Decisión de 22 de junio de 2004.

El Acuerdo sobre la promoción, suministro y utilización de Galileo y los sistemas GPS de navegación por satélite conexos entre los Estados Unidos de América, por una parte, y la Comunidad Europea y sus Estados miembros, por otra, se firmó en Dromoland Castle, Irlanda, el 26 de junio de 2004 y se aplica provisionalmente desde el 1 de noviembre de 2008.

Dicho documento, consta de una serie de artículos encaminados a regular los diferentes aspectos técnicos del acuerdo que en definitiva pretende que el GPS y el Galileo sean «compatibles en cuanto a radiofrecuencias» e «interoperables en la mayor medida posible a nivel de operario no militar». También se establece por dicho acuerdo que «Las Partes no distorsionarán o degradarán indebidamente las señales destinadas a usos civiles». Por todo ello, en el documento se definen las estructuras básicas que deben tener las señales de GPS y Galileo mediante el apartado 1) de su anexo, que dice lo siguiente:

«Por razones de compatibilidad en relación con la seguridad nacional, de prevención de interferencias inaceptables de las radiofrecuencias y de adecuación del rendimiento del GNSS, las Partes acuerdan las estructuras básicas de las señales indicadas a continuación:

- El servicio gubernamental seguro de Galileo en la banda de 1559-1610 MHz utilizará una modulación BOC (Binary Offset Carrier (BOC) cosine phased modulation) con una frecuencia subportadora de 15.345 MHz y una velocidad de codificación de*

2.5575 mega-chips por segundo (Mcps) centrada a 1575.42 MHz (cosine phased BOC (15, 2.5)), y una potencia de señal especificada en el documento titulado «Reference Assumptions for GPS/Galileo Compatibility Analyses», mencionado más adelante.

- Las estructuras de las señales de Galileo utilizadas para los demás servicios, incluidos el Servicio Abierto (OS), el Servicio de Salvaguardia de la Vida (SoL) y el Servicio Comercial (CS) en la banda de 1559-1610 MHz utilizarán una modulación BOC (Binary Offset Carrier (BOC) modulation) con una frecuencia subportadora de 1.023 MHz y una velocidad de codificación de 1.023 megachips por segundo ((Mcps) (BOC (1,1)) centrada en 1575.42 MHz, y una potencia de señal especificada en el documento titulado «Reference Assumptions for GPS/Galileo Compatibility Analyses», mencionado más adelante.*

- La estructura de la señal GPS en la banda de 1559-1610 MHz, centrada en 1575.42 MHz, será una modulación BPSK (Binary Phase Shift Key (BPSK) modulation) con una velocidad de codificación de 1.023 Mcps; una modulación BPSK con una velocidad de codificación de 10.23 Mcps; y una modulación BOC con una frecuencia subportadora de 10.23 MHz y una velocidad de codificación de 5.115 Mcps, y una potencia de señal especificada en el documento titulado «Reference Assumptions for GPS/Galileo Compatibility Analyses», mencionado más adelante. En el futuro se añadirá a esta estructura de la señal una modulación BOC (1,1) centrada en 1575.42 MHz. »*

3.4. Integridad

Como ya hemos indicado, el nacimiento del sistema Galileo responde a la necesidad por parte de Europa de disponer de su propio sistema de navegación por satélite independiente de los sistemas ya existentes y con alta fiabilidad constante en todo el mundo. En respuesta a esta doble necesidad, el desarrollo del proyecto se ha centrado en los criterios de integridad, disponibilidad y continuidad del servicio, precisión y control por parte de una autoridad civil internacional.

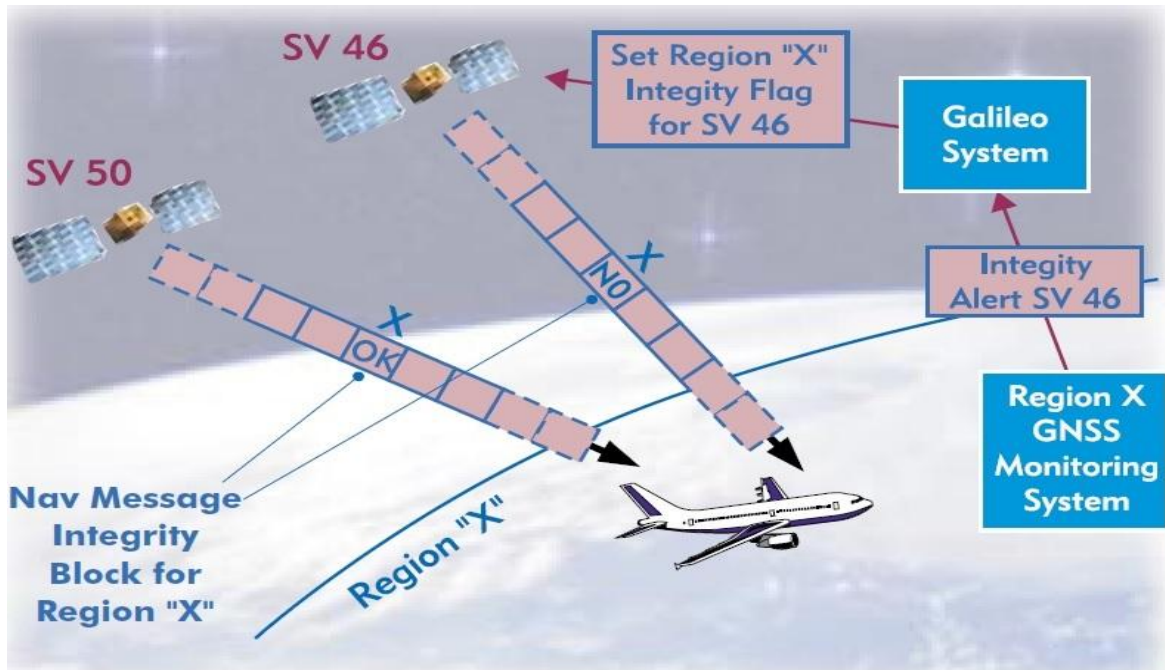
Cuando se habla de integridad se hace referencia no sólo a la capacidad del sistema de ofrecer un alto grado de fiabilidad y un amplio margen de confianza, sino también a la existencia de mensajes de alarma que avisan en caso de que tengan lugar anomalías en los datos de posición.

En el año 2000, la Comisión Europea puso en marcha un amplio proyecto para complementar el análisis preparatorio y la definición de los requerimientos del sistema Galileo. Se trata del *proyecto Galilei*. Entre otras funciones, dicho proyecto ha sido el encargado de elaborar el *Mission Requirements Document (MRD)* que define la misión del Galileo en términos de los servicios que el sistema ofrecerá.

Desde entonces, el estudio Galilei ha contribuido enormemente tanto a la evolución del MRD como a la definición de los servicios propuestos, llevando a cabo al menos tres revisiones generales y proponiendo más de 600 recomendaciones. También ha desarrollado un detallado modelo para los servicios Galileo enfocado a los usuarios, proveedores del servicios y fabricantes, simulando potenciales servicios de posición, velocidad y tiempo (estudios de mercado) e investigando aspectos básicos del servicio, tales como garantías, certificación, autenticación e integridad.

- **Integridad Global:** Galileo proporcionará un mensaje de integridad en la señal en toda la constelación que permitirá reportar posibles fallos del sistema a los usuarios.
- **Integridad Regional Opcional:** Algunos estados o regiones pueden presentar dificultades en cuanto al uso de los mensajes globales de integridad a causa de regulaciones nacionales específicas, por ejemplo, para la aviación civil. Por ello, en adición al servicio de integridad global, desde la base del diseño de Galileo, se incluye la posibilidad para hasta seis regiones de transmitir su propia información de integridad a través del mensaje de información de los satélites Galileo.

En la siguiente figura se ve cómo funciona esta característica de integridad regional.

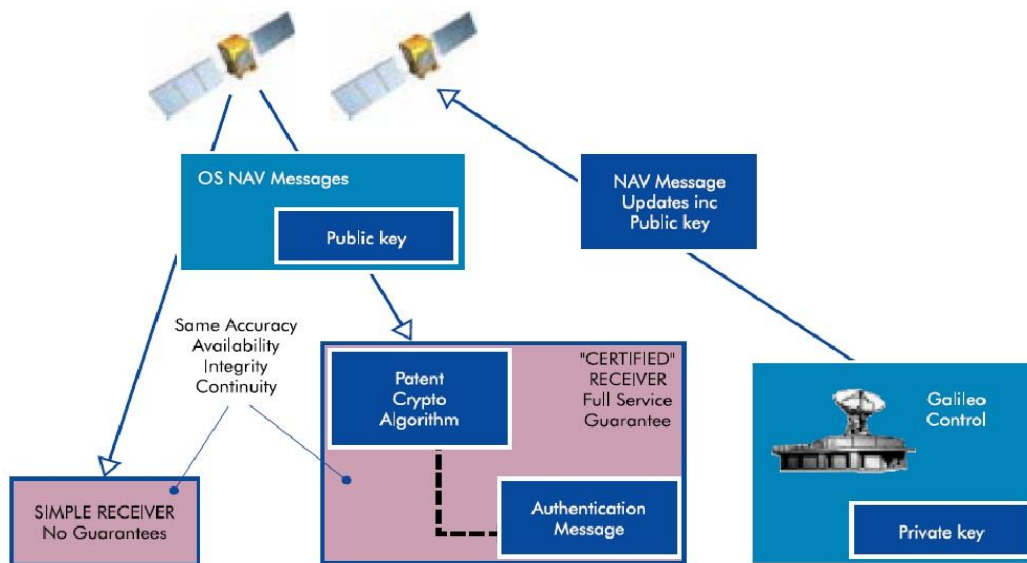


Esto forma parte del mencionado anteriormente componente regional, que se crea para proporcionar información de integridad sobre dicha región, así como para conseguir mayores prestaciones de precisión, disponibilidad y continuidad sobre una región determinada. Como ya se ha dicho, se está analizando la posibilidad de integrar Galileo con otros sistemas, como el LORAN-C, lo que permitiría aumentar el número de regiones.

3.5. Autenticación

El operador de Galileo dotará a la señal un nivel de protección que puede solucionar un problema que podría tener lugar: emisiones internacionales maliciosas de señales no autorizadas. A este respecto, la **Autenticación** de la señal junto con los inherentes mensajes de integridad, juega un papel importante ya que establece una alta seguridad y garantía del servicio.

En la figura se muestra cómo debe funcionar la autenticación de señal en el servicio abierto (OS).



Al sistema se le podrían incorporar claves de criptografía públicas/privadas por seguridad, pero esto en ningún caso significa que el usuario deba tener que realizar operaciones de descodificación, sino que, al llegar a éste, los datos deben ser transparentes.

Un receptor simple dispondrá de la total precisión del sistema etc., pero no ofrecerá la garantía total. Por otro lado, un receptor certificado, contendría un algoritmo criptográfico asimétrico de especificación abierta patentada. Con cada señal del satélite se transmitiría un mensaje de autenticación, codificado por una clave privada de Galileo. La clave pública única estaría incluida en el mensaje de navegación de todos los satélites. El proceso de descifrado autenticaría así el mensaje del satélite y rechazaría así toda señal que no proviniese de un satélite Galileo.

3.5. Marco Legal

El Sistema Galileo operará dentro de un marco legal e institucional muy complejo en atención a los diferentes tipos de servicios que proporcionará y a la pluralidad de usuarios a los estará dirigido, especialmente en el contexto de las aplicaciones de seguridad.

Por tanto, en el ámbito de desarrollo del sistema, bajo herramientas de estudio y análisis creadas al respecto como el proyecto Galilei, se está trabajando especialmente en los siguientes aspectos:

- El análisis del estado actual de la ley que afecta directamente a Galileo.
- Evaluación de problemas, lagunas legales y solapamientos que puedan surgir.
- Realizar las recomendaciones apropiadas para tratar dichos problemas lagunas y solapamientos.

Se ha establecido un modelo Legal/Funcional para permitir un análisis exhaustivo de las materias legales más relevantes en las que estarán involucrados.

La capacidad de la tecnología de navegación por satélite de localizar y seguir la posición de personas o mercancías tiene ciertas implicaciones para la intimidad. La protección de los datos personales y la intimidad son preocupaciones compartidas por todos los ciudadanos.

El derecho a la intimidad constituye un aspecto normativo altamente desarrollado en Europa. Todos los Estados miembros de la Unión Europea son signatarios del Convenio Europeo de Derechos Humanos, que garantiza el derecho al «respeto de la vida privada y familiar, del hogar y de la correspondencia».

La mayoría de los aspectos relativos a la intimidad, en relación con la navegación por satélite, está cubierta por el siguiente marco legislativo:

- La *Directiva 95/46/CE*, que reglamenta el tratamiento de "datos personales" a tenor de los criterios de "**transparencia, fines legítimos y proporcionalidad**", modificada por el Reglamento (CE) nº 1882/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- y la *Directiva 2002/58/CE*, que aborda el tratamiento de datos personales y la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas. Modificada por las Directivas 2006/24/CE y 2009/136/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

4. SERVICIOS QUE OFRECERÁ GALILEO

Los servicios Galileo se obtienen de la combinación de la capacidad del sistema y las necesidades a nivel de usuario. De ello, se han derivado la definición de los siguientes servicios:

- Servicio abierto
- Servicio comercial
- Servicio "Safety-of-Life"
- Servicio público regulado
- Servicio de búsqueda y rescate (SAR)

4.1. Servicio Abierto

Este servicio proporcionará señales de Navegación, Posicionamiento y Tiempo a las que se podrá acceder de forma gratuita, de modo similar al GPS. Dado su carácter de gratuidad, será accesible al mercado de masas dentro de las aplicaciones de navegación, tales como las aplicaciones de navegadores de coches, teléfonos móviles, usos particulares, etc. Así mismo, proporcionará servicios horarios (UTC) cuando se empleen receptores en posiciones fijas, lo que permitirá su empleo en usos científicos o control y sincronismo de redes.

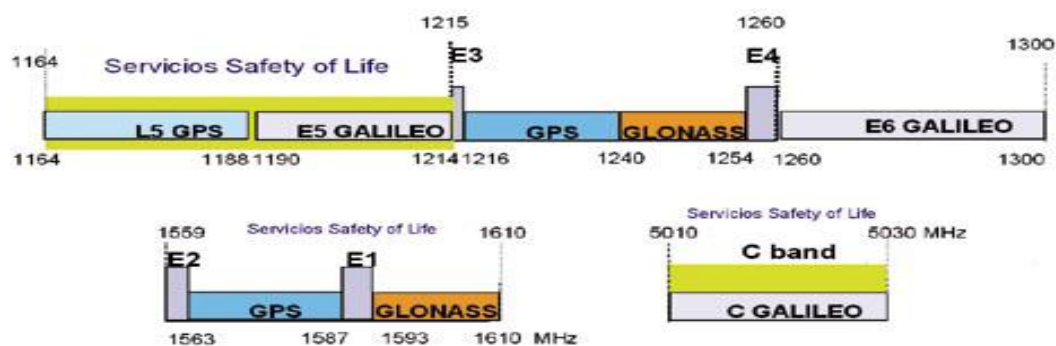
4.2. Servicio Comercial

Este servicio proporcionará un valor añadido con respecto al Servicio Abierto, pudiendo disponer de prestaciones mejoradas en base al diseño de la señal para: Difusión de datos encriptados que den un valor añadido sobre el servicio abierto. Aplicaciones de área local con alta precisión (centimétrica). Señales de referencia para permitir la integración de Galileo en aplicaciones de posicionamiento de índole profesional y para referencia en la redes de comunicaciones inalámbricas.

Las prestaciones de este servicio podrán ser definidas por los proveedores de servicio en base a la calidad de los datos comerciales difundidos y las prestaciones conseguidas por los componentes locales.

4.3. Servicios “Safety of Life”

Las prestaciones de este servicio han sido obtenidas a partir de los requisitos de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) para Aproximación y aterrizaje y Guiado Vertical (el denominado APV II). Estas prestaciones se consideran suficientes para cubrir no solo las necesidades aeronáuticas, sino las de otros modos de transporte, pudiendo ser usado como medio único de navegación al disponer de una disponibilidad del 99.9%. El área de cobertura de este servicio será global, y la arquitectura de Galileo se está optimizando para lograr este objetivo.



4.4. Servicio Público Regulado

Este servicio se dará sobre frecuencias dedicadas para aplicaciones específicas y en principio sobre los países de la Unión Europea, usándose para: Aplicaciones civiles relacionadas con seguridad, policía, protección civil, servicios de emergencia y otras actividades gubernamentales. Aplicaciones críticas relacionadas con energía, comunicaciones o transporte. Actividades económicas e industriales que se consideren estratégicas para Europa. Este servicio será diseñado para tener la robustez suficiente ante interferencias provocadas o accidentales, agresiones de tipo accidental y con fines de agresión, asegurar la continuidad ante cualquier circunstancia o contingencia. Por sus características y carácter estratégico, su uso estará limitado a los países miembros de la Unión Europea y Estados participantes autorizados, aplicándose las técnicas de acceso adecuadas para mantener controlados a sus usuarios.

4.5. Servicios de búsqueda y rescate

En un futuro cercano, Galileo proveerá una función SAR (Search And Rescue). Para ello los satélites serán equipados con un transpondedor capaz de transferir las señales de emergencia de los usuarios a los RCC (Rescue Coordination Centres) que iniciarán la operación de rescate. Al mismo tiempo el sistema enviará una señal de respuesta al usuario, informándole de que su situación de emergencia ha sido detectada y de que la ayuda está en camino. Esto supone una función adicional y constituye una mejora con respecto al actual sistema, que no proporciona feedback al usuario.

Este servicio estará coordinado con los actuales COSPAS-SARSAT y será compatible tanto con GMDSS y la red de transporte transeuropa, permitiendo mejorar la detección y precisión de localización de las balizas disponibles en relación a los sistemas actuales. La determinación de la posición de estas balizas se llevará a cabo por COSPAS-SARSAT en base a las señales y datos proporcionados por Galileo, lo que permitirá pasar de la actual precisión de 5 Km. a una precisión de 10 metros para balizas equipadas con receptores Galileo.

En la siguiente tabla se muestran los datos de los diferentes servicios en cuanto a cobertura, precisión, disponibilidad e integridad.

	Open Service (OS)	Commercial Service (CS)		Public Regulated Service (PRS)		Safety of Life Service (SoL)
Coverage	Global	Global	Local	Global	Local	Global
Accuracy - horizontal (h) - vertical (v)	h = 4m v = 8m (dual frequency) h = 15 m v = 35 m (mono frequency)	<1m (dual frequency)	< 10cm (locally augmented signals)	h = 6,5m v = 12m	1m (locally augmented signals)	4-6m (dual frequency)
Availability	99.8%	99.8%		99-99.9%		99.8%
Integrity	No	Value-added service		Yes		Yes

4.6. Otros servicios

Los servicios ofrecidos por los elementos locales proporcionarán correcciones diferenciales locales para lograr precisiones de posicionamiento mejores de 1 metro, pudiendo generar información de integridad con tiempos de alarma de 1 segundo, y pudiendo adaptar el formato de la señal transmitida a los datos adicionales a ser proporcionados. En el caso de usar la técnica denominada TCAR (Resolución de ambigüedad por tercera portadora) permitirá lograr precisiones mejores de 10 cm.

5. APLICACIONES

El sistema europeo de navegación por satélite abrirá una gran cantidad de oportunidades públicas y comerciales. Ya se han identificado muchas aplicaciones potenciales y los emprendedores e investigadores tienen ahora la oportunidad de abrirse paso en un nuevo mercado emergente lleno de posibilidades.

Las comunicaciones vía satélite son hoy en día un hecho en nuestra vida cotidiana: telefonía, televisión, redes informáticas, navegación, aviación y muchas otras áreas. El rango de aplicaciones abiertas al sistema Galileo es extremadamente variado y el número de derivados potenciales es inmenso.

Para los sistemas existentes, y más si cabe para el GPS, que es el más extendido, ya existen un gran número de aplicaciones que están dando diferentes servicios a un gran número de usuarios. Cabe esperar que, dado que Galileo ofrecerá un servicio civil, más preciso y fiable, el número y la diversidad de las aplicaciones que se desarrollarán serán mucho mayores. Muchas están siendo ya desarrolladas, otras parten como posibles proyectos basados en ideas y estudios de mercado y otras ni siquiera se han imaginado todavía.

5.1. Aplicaciones GPS

Las aplicaciones que ofrece el sistema GPS, que son en gran parte conocidas por el público general y que no dejan de desarrollarse en la actualidad, son similares a las que en un futuro prestará el sistema Galileo y son por tanto un punto de partida para su desarrollo, aunque, basándose en nuevas ideas, también se desarrollarán aplicaciones totalmente diferentes para sectores de mercado que no contempla el GPS.

Por ello, cabe mencionar a continuación ciertas áreas en las aplicaciones del sistema GPS son de utilidad.

5.1.1. Navegación

La navegación marítima, como sabemos, se sirve del sistema GPS como instrumento de gran ayuda para la navegación. El coste asequible de los equipos garantiza su instalación incluso en barcos de pequeño tonelaje.



Ejemplos de dispositivos GPS utilizados en la navegación marítima.

En navegación terrestre se consideran tres grandes mercados: los automóviles (integrando el GPS con sistemas gráficos avanzados), los receptores personales de muy bajo precio y los sistemas orientados a la gestión de flotas. Las estimaciones indican que, en pocos años, se habrán instalado millones de receptores para tráfico rodado y decenas de millones de los segundos. El tercer campo corresponde a aplicaciones más profesionales como el control de flotas de vehículos de transportes internacionales, redes de autobuses, policía, ambulancias, etc. Son sistemas bidireccionales, en muchos casos diferenciales, en los que la posición de los móviles debe ser transmitida a una estación central. La dificultad y coste del sistema radica en buena parte en la red de comunicaciones y la gestión de la información. Como red de comunicaciones existen varias alternativas: las redes privadas de comunicaciones móviles (en la banda VHF), los sistemas trunking, los sistemas públicos de comunicaciones móviles (GSM en Europa), comunicaciones por satélite, etc.

La complejidad de la navegación aérea ha hecho que el proceso de implantación en este campo haya sido más lento. A ello ha contribuido también el elevado costo, entre 5.000 y 15.000 euros, requerido para equipar a una aeronave con GPS. El futuro está, como ya se ha indicado, en el desarrollo de los GNSS, estando en estudio la posibilidad de sistemas de Vigilancia Automática basada en ellos. Inicialmente se aplicaría en áreas de bajo tráfico, donde no es posible o no está justificado el uso de radares y posteriormente se pasará a áreas terminales. La integración de GPS en los actuales sistemas ATC (Control de Tráfico Aéreo) permitiría reducir la separación de las aeronaves en vuelo, con un incremento sustancial de la eficacia de los sistemas de importante transcendencia económica. En áreas terminales, se están experimentando sistemas GPS diferenciales, integrados con otros sistemas o no, que faciliten las maniobras de aproximación y aterrizaje.

Asimismo, se podrán utilizar para controlar las aeronaves y los vehículos terrestres sobre las pistas. Todo ello se inscribe en los ya mencionados sistemas extendidos.

Por último también se están considerando diversas aplicaciones en el campo espacial, por ejemplo el control de la posición de las constelaciones de satélites LEO, navegación de las lanzaderas espaciales, etc.

5.1.2. Ciencias geográficas

El GPS ha abierto en este campo un amplio abanico de aplicaciones al permitir, trabajando en modo estático y diferencial, y comparando las fases de las señales transmitidas por los satélites la localización de posiciones con precisión de centímetros (www.ngs.noaa.gov). A modo de resumen citaremos algunas de ellas:

Geodesia: observación de redes de cualquier orden de redes de control, con capacidad para determinar el geoide utilizándolo conjuntamente con otras técnicas.

Geodinámica: determinación de deformación de la corteza terrestre (estudio de la rotación terrestre, movimiento de las placas tectónicas, predicción de terremotos, etc).

Topografía y Fotogrametría: densificación de redes geodésicas y batimétricas y apoyo fotogramétrico en escalas medias y altas.

Obra civil: realización de obras de alto recorrido: carreteras, redes eléctricas y telefónicas, conducciones de agua, oleoductos, etc.



LEICA GPS 1200 utilizado en topografía.

5.1.3. Aplicaciones Militares

El GPS se está introduciendo con gran rapidez en campos tan diversos como navegación militar (aérea, marítima y terrestre), guiado de misiles, control y guiado de sistemas de armas, posicionamiento de tropas y un largo etc. De hecho, el mercado militar ha sido el primer mercado profesional en desarrollarse. Por otro lado, la generalización del uso del GPS ha supuesto la modificación drástica en las doctrinas militares actuales, tanto estratégicas como tácticas.



Rockwell Collins GPS Advanced Defense y Dicom DT-13. Ejemplos de GPS militares.

5.1.4. Sincronización de sistemas

Como se ha indicado con anterioridad el sistema GPS permite obtener una referencia temporal común precisa con receptores fijos o móviles en cualquier punto de la tierra. Es una de las posibilidades más importantes y menos apreciadas del sistema. Entre ellas está la posibilidad de sincronizar las infraestructuras de telecomunicaciones del mundo.

La referencia temporal GPS se transmite directamente en el mensaje de navegación obteniéndose una precisión de unos 300 nanosegundos, con la Disponibilidad Selectiva conectada y utilizando un solo satélite. Si se trabaja en modo diferencial –como es el caso de las aplicaciones de sincronización– y utilizando varios satélites simultáneamente, la precisión resultante es del orden de nanosegundos.

5.1.5. Otras aplicaciones

Existen usos de carácter específico pero de gran importancia económica por su elevado valor añadido, entre otros: *defensa civil*, localización y delimitación de zonas afectadas por grandes desastres, control y guiado de vehículos de auxilio; *gestión y catalogación de recursos* (“*mapping*”), a un receptor GPS conectado a un ordenador se le hace recorrer una superficie extensa y se van anotando los datos de interés en cada punto; *agricultura*, trabajo automático de los campos de cultivo; *ocio y turismo*, sustitución de los tradicionales guías turísticos por cintas de audio y vídeo asociadas a receptores GPS..., y un largo etc.

En el año 2000 más de 10 millones de receptores GPS estaban operando, tras cinco años de crecimiento exponencial en su número y rango de aplicaciones. En la actualidad, incluyendo los dispositivos móviles equipados con GPS, se venden entorno a 40 millones de unidades cada año. Las principales limitaciones del sistema son de carácter institucional: la dependencia del DOD (Departamento de

Defensa de Estados Unidos), la posibilidad de su degradación artificial y la interrupción del servicio en situaciones de crisis. El GPS no es fiable en todo momento y en todo lugar. Tiene tres modos de funcionamiento diferentes: el de alta precisión, que exige unos receptores específicos de los que solo disponen los militares estadounidenses; el civil abierto normal, que es el que usan los coches y los aviones ahora, y que podría usarse sin restricciones para controlar el tráfico aéreo si no existiera el tercero, el civil con error aleatorio, que puede introducir en cualquier momento el responsable militar estadounidense. Si se hace funcionar a los satélites en este último modo, todos los receptores GPS del mundo darían errores de cientos de metros. Sin embargo nadie duda que el GPS será la base de la navegación del primer cuarto del siglo XXI, en competencia con el Galileo y, quizás, con el GLONASS. Los principales hechos que avalan esta afirmación son las siguientes:

- Estados Unidos ha hecho pública su intención de mantener gratis el uso del sistema y ha eliminado la Disponibilidad Selectiva. De hecho, el DOD debe asegurar, por ley, el mantenimiento del servicio de Posicionamiento Estándar (SPS: Standard Positioning Service) tal como la ha definido el Plan de Radionavegación Federal (con Disponibilidad Selectiva) y, si se suspendiese el servicio –algo que parece absurdo en estos momentos–, se daría un preaviso con seis años de antelación. Por otro lado, se está procediendo a la modernización del GPS (www.navcen.uscg.gov/modernization/default.htm). Ésta incluye la introducción de dos nuevas frecuencias de uso civil. La primera a 1.227,60 MHz, la incorporarán los satélites lanzados a partir del 2003 y la segunda, a 1.176,45 MHz, a partir del 2005.
- El esfuerzo invertido, la rapidez con que se están desplegando los sistemas GPS extendidos y el hecho de que tanto la Unión Europea como Japón estén desarrollando sus propios sistemas prueba la confianza depositada en su futuro. Detrás de estos proyectos se esconden grandes iniciativas tecnológicas e importantes apuestas por el sector aeroespacial.

- A más largo plazo, la perspectiva de tres constelaciones de satélites sobrevolando la tierra (más de 70), emitiendo “señales de navegación”, abre un potencial de aplicaciones casi inimaginables. De hecho, la propia denominación de sistemas de navegación se está quedando obsoleta, dado el crecimiento e importancia económica de sus usos alternativos.

En definitiva, en los próximos años el espacio se poblará de emisoras en movimiento cuya posición se podrá calcular con extraordinaria precisión y que transmitirán señales de banda ancha a disposición de todo aquel que desee utilizarlas.

5.2. Aplicaciones GALILEO

El mercado de los productos y servicios derivados de la implantación de la navegación por satélite puede llegar a alcanzar un valor de 400 mil millones de euros de aquí al año 2025. Galileo, programa insignia de la política espacial europea, se integra junto con Egnos en el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS - Global Navigation Satellite System) para proporcionarnos una serie de servicios de posicionamiento, navegación y temporización.

La Comisión Europea tiene la voluntad de impulsar la innovación en el contexto global de la estrategia de Lisboa, según la cual el sector público debe contribuir a favorecer la competitividad de la U.E. a nivel mundial.

Los sectores que resultarán beneficiados de la implantación del sistema Galileo a través de las numerosas aplicaciones que permitirá desarrollar serán muy diversos. Los ámbitos de aplicación de la navegación por satélite son, entre otros, los siguientes:

- **Servicios basados en la posición del usuario y llamadas de emergencia:** dado que los receptores del sistema Galileo pueden integrarse en numerosos dispositivos, tales como los teléfonos móviles, los servicios basados en la posición del usuario y la movilidad personal van a representar el principal mercado para la navegación por satélite; los clientes podrán acceder a una información «de proximidad» (por ejemplo, dónde se encuentra el hospital más cercano, cuál es el mejor itinerario para llegar a un restaurante, etc.).
- **Transporte por carretera:** este ámbito abarca asimismo un amplio abanico de funciones, desde los dispositivos de navegación hasta los sistemas de cobro automático de peajes, pasando por las aplicaciones relacionadas con la seguridad o los seguros con primas que se calculan en función de los kilómetros recorridos; Galileo se une así a la iniciativa *eSafety*, que comprende un sinnúmero de aplicaciones que pueden aprovechar las ventajas de conocer el posicionamiento preciso de los vehículos.
- **Transporte ferroviario:** las infraestructuras ferroviarias disponen de sistemas de señalización y de localización de trenes, en su mayor parte instalados en el suelo, que están siendo sustituidos paulatinamente por los ERTMS (European Rail Traffic Management System)/ETCS (European Train Control System, ETCS); Galileo permitirá mejorar la seguridad de los sistemas de control de la velocidad y de conducción de los trenes.
- **Navegación marítima y por vía navegable y sector pesquero:** la navegación por satélite puede contribuir a la eficacia, seguridad y optimización de los transportes marítimos; Galileo va a realizar una valiosa aportación a las aplicaciones de salvamento, a la mejora de la seguridad y a los sistemas de identificación automática (AIS); podrá asimismo utilizarse para la aproximación a los puertos.

En lo que concierne al transporte por vía navegable, la Directiva 2004/44/CE propugna el uso de las tecnologías de posicionamiento por satélite para la localización y seguimiento de los buques.

- **Transporte aéreo:** en este ámbito, la navegación por satélite ofrece perspectivas de gran interés; los análisis prevén un fuerte incremento del tráfico aéreo de aquí a 2025; la precisión y la integridad del sistema Galileo permitirán optimizar la utilización de los aeropuertos existentes. Además, la empresa común SESAR (proyecto tecnológico y operativo para modernizar la Gestión del Tránsito Aéreo -ATM- en Europa y que complementa el marco regulatorio de la iniciativa comunitaria de Cielo Único Europeo), se basará en la navegación por satélite.
- **Protección civil, gestión de situaciones de emergencia y ayuda humanitaria:** la ayuda a la población después de terremotos, inundaciones, maremotos y otras catástrofes, sean naturales o no, requiere la localización de personas, bienes y recursos; la navegación por satélite permitirá intervenir con más rapidez a los servicios de socorro y optimizar su despliegue.
- **Mercancías peligrosas:** será necesario revisar el marco legislativo de este ámbito en función de las numerosas posibilidades que va a ofrecer Galileo; además, la navegación por satélite permitirá mejorar las intervenciones de urgencia cuando surjan problemas.
- **Transporte de animales:** cada año se transportan en la Unión Europea millones de animales; la trazabilidad de los animales es fundamental para impedir el fraude sanitario, garantizar la seguridad alimentaria y preservar el bienestar de los animales; el Reglamento (CE) nº 1/2005, que establece los requisitos relativos al transporte de animales, exige la utilización de sistemas de navegación por satélite en todos los camiones nuevos para desplazamientos de larga distancia.

- **Agricultura, medición de parcelas, geodesia y estudios catastrales:** en la Unión hay 11 millones de agricultores que cultivan 110 millones de hectáreas de superficie agrícola; la localización y tamaño de las parcelas constituyen una información fundamental para el intercambio de datos, tanto con fines comerciales como a efectos de las solicitudes de ayudas; para controlar los pagos que se efectúan en virtud de la Política Agrícola Común es necesario disponer de datos cada vez más detallados; por otro lado, los agricultores hacen uso de la navegación por satélite para optimizar los cultivos, reducir la utilización de nutrientes y plaguicidas y garantizar la utilización eficaz del suelo y el agua; en lo que concierne a la geodesia y a los registros catastrales, los sistemas de navegación por satélite pueden contribuir a simplificar y mejorar la calidad de la recopilación de datos.
- **Energía, petróleo y gas:** este sector hace uso asiduamente de los sistemas de navegación por satélite para sus actividades de prospección y explotación; la seguridad del transporte de petróleo y de gas también puede salir reforzada gracias a las funciones de localización que ofrece Galileo; además, puede facilitar la sincronización de las redes de distribución de electricidad.
- **Servicios de búsqueda y salvamento:** al permitir una recepción casi en tiempo real de los mensajes de socorro procedentes de cualquier lugar del Globo, con información precisa sobre su localización, y al posibilitar el contacto entre los centros de salvamento y las personas en peligro, Galileo facilitará las operaciones de salvamento y reducirá el número de falsas alarmas; también tendrá efectos en la lucha contra la inmigración ilegal y la capacidad de prestar socorro a los emigrantes en situaciones de peligro en el mar.

- **Otras múltiples aplicaciones:** logística, medio ambiente, ciencia, mantenimiento del orden público, etc.: los sistemas de navegación por satélite también se pondrán al servicio del sector de la logística y facilitarán la multimodalidad; los servicios Galileo tendrán aplicaciones en muchos otros sectores tales como los transportes públicos, la ingeniería civil y de obras públicas, la inmigración y el control de fronteras, la policía, el seguimiento de prisioneros, la producción de biomasa y la gestión de existencias de materias primas, la gestión del medio ambiente, las aplicaciones médicas y las personas discapacitadas, la investigación científica, la caza, el deporte, el turismo, la eliminación de residuos, etc.

5.2.1. Aspectos éticos y vida privada

¿Qué consecuencias tendrá para la vida privada el desarrollo de los sistemas de navegación por satélite? Todos los Estados miembros son signatarios del Convenio Europeo de Derechos Humanos, que garantiza a todos el respeto de «la vida privada y familiar, del hogar y de la correspondencia». Además, la Directiva 2002/58/CE regula el tratamiento de los datos de carácter personal y la protección de la vida privada en el sector de las comunicaciones electrónicas.

5.2.2. Ámbitos de intervención del sector público

Las Administraciones públicas están respaldando el desarrollo de las tecnologías de navegación por satélite. Se han adoptado medidas en diferentes ámbitos, y se están concediendo, en particular, ayudas destinadas a la investigación y a la adopción de un marco reglamentario adecuado. Los ámbitos de intervención son los siguientes:

- investigación e innovación;
- cooperación entre las PYME y las redes europeas de empresas;
- cooperación internacional;
- normalización, certificación y delimitación de responsabilidades;

- preservación del espectro de frecuencias radioeléctricas y fomento de la asignación de nuevas bandas de frecuencia;
- protección de los derechos de propiedad intelectual;
- adaptación de la legislación a las nuevas tecnologías y a la innovación.

5.2.3. Plan de Acción

Como la Comisión Europea gestiona Galileo y EGNOS en nombre de la UE, debe garantizar que estos programas proporcionen el mayor rendimiento de la inversión. Igualmente, la Comisión va a movilizar fondos de I+D procedentes de programas de investigación de la UE.

Por consiguiente, se han recogido propuestas de acción a nivel de la UE mediante una amplia consulta, que comienza con el *Libro Verde de 2006* sobre las aplicaciones de la navegación por satélite. La Comisión y otras partes interesadas europeas, entre ellos algunos Estados miembros, han llevado a cabo varios estudios de mercado y análisis de costes y beneficios. Ello se ha traducido en la elaboración en 2010 del *"Plan de acción sobre aplicaciones basadas en el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)"*. Documento en el que se definen y detallan un conjunto de 24 acciones concretas que ha venido llevando a cabo por la Comisión Europea, con el objetivo de estimular la participación europea en el mercado de aplicaciones del nuevo GNSS. Dicho conjunto de acciones se centra en el periodo 2010-2013, se actualizará periódicamente, como en un programa renovable: sus objetivos continúan más allá de 2020. La primera revisión de la propuesta podría realizarse tras la adopción del plan de explotación Galileo para el periodo posterior a 2013, ya que cada acción puede verse afectada por las características de los próximos servicios, especialmente en términos de calendario de puesta en marcha, políticas de precios, responsabilidad y propiedad intelectual.

Puede que también haya que introducir ajustes cuando se tomen las decisiones relativas a la financiación adicional de la investigación sobre aplicaciones, o a la ampliación de la infraestructura EGNOS a regiones de fuera de Europa. Mientras que el plan actual prioriza las aplicaciones EGNOS, las nuevas versiones trasladarán progresivamente las

prioridades hacia las aplicaciones de Galileo. También se van a desarrollar un modelo e instrumentos macroeconómicos para supervisar los efectos del plan, con objeto de recabar información y alimentar así este proceso de revisión.

Junto con la señal GPS, EGNOS hoy en día, y Galileo más adelante, refuerzan la infraestructura que lleva a la creación de un mercado mundial de productos y servicios GNSS, denominados aplicaciones posteriores GNSS. En 2008, el valor de este mercado fue de 124 000 millones de euros.

Este mercado se basa en primer lugar en la utilización de señales de posicionamiento y determinación de la hora fundamentales; pero está previsto que se beneficie de la introducción de la autenticación y el cifrado de señales. Según los expertos, en volumen, el 75 % (52 % de los ingresos) de este mercado procederá de productos y servicios relacionados con las telecomunicaciones móviles y los terminales personales, y otro 20 % (44 % de los ingresos) de los sistemas inteligentes de transporte por carretera, y el restante 5 % (4 % de los ingresos) de otros campos de aplicación.

A pesar de la inversión europea en su infraestructura GNSS y de la disponibilidad de EGNOS, la industria europea solo posee una pequeña cuota del mercado mundial de aplicaciones de GNSS comparado con lo que es capaz de conseguir en otros sectores de las altas tecnologías (un tercio largo). Esto es un problema en la medida en que:

- Las aplicaciones basadas en EGNOS, y posteriormente en Galileo, van a contribuir decisivamente al desarrollo de una sociedad del conocimiento y a la creación de puestos de trabajo de calidad elevada en la UE. Europa perderá, por tanto, una oportunidad enorme si no posee una cuota adecuada de los beneficios económicos que se esperan de las aplicaciones de GNSS. Asimismo, si Galileo y EGNOS no se convierten en la norma GNSS fundamental en Europa, numerosos campos de aplicación podrían quedar bloqueados con tecnologías que les impiden beneficiarse del valor añadido de los nuevos servicios avanzados.

- Una utilización limitada de las aplicaciones basadas en EGNOS y Galileo da lugar a dependencias críticas ya que los sistemas GNSS tienen una gran capacidad de penetración y suministran información vital sobre posición, navegación y determinación de la hora para una amplia gama de actividades de la vida cotidiana y para la seguridad de Europa y su desarrollo social y económico. Al recurrir únicamente a las aplicaciones basadas en el sistema GPS, la UE se expondría a una indisponibilidad potencial de la señal GPS, que escapa al control de la UE ya que su objetivo principal consiste en dar apoyo a las operaciones militares de un país tercero.

De la misma manera que internet, la presencia de los servicios GNSS es enorme. Las estimaciones más recientes y prudentes de los beneficios totales de los programas GNSS de la UE para su industria, sus ciudadanos y los Estados miembros los sitúan entre 55.000 y 63.000 millones de euros durante los próximos veinte años; los mayores beneficios serán los procedentes de los ingresos indirectos en fases posteriores de la industria (entre 37 000 y 45 000 millones de euros). Como consecuencia, el bajo nivel de asimilación de aplicaciones basadas en el sistema GNSS de la UE constituye un problema que afecta a la sociedad europea en general, y de múltiples formas.

Mientras tanto, la inseguridad que rodea al sistema GNSS europeo ha afectado a la confianza en los sectores posteriores potenciales. La «competencia» creciente de países terceros (EEUU, Rusia, China, India, Japón, que han reconocido el valor estratégico del sistema GNSS y han manifestado su intención de desplegar las capacidades GNSS para uso civil, incluido el desarrollo de aplicaciones basadas en su propio sistema por parte de su industria) también ha cambiado el contexto para el desarrollo de las aplicaciones de sistema GNSS en detrimento de los agentes europeos, ya que dichos sistemas podrían entrar en funcionamiento más o menos al mismo tiempo que Galileo.

Por ello, teniendo en cuenta la nueva realidad de los programas GNSS de la UE, es preciso un plan de acción detallado para incrementar la confianza de la población en los programas, estimular el desarrollo de las aplicaciones posteriores EGNOS y Galileo y conseguir el desarrollo de

aplicaciones más rápido, profundo y amplio en todos los ámbitos para obtener el máximo beneficio de la infraestructura de la UE.

5.2.4. Galileo Masters

La cantidad de ámbitos en los que se pueden desarrollar aplicaciones es ingente, pero, a causa de limitaciones presupuestarias, la Comisión se ve obligada a centrar su actuación en una serie limitada de temas sobre los que tiene máxima influencia. Se ha concedido prioridad a sectores en los que las aplicaciones de GNSS pueden dar mejores resultados en materia de:

- contribución a los objetivos de la UE (crecimiento, empleo, sociedad del conocimiento);
- beneficios económicos y sociales indirectos (por ejemplo: consumo de energía);
- influencia positiva sobre las emisiones y otras formas de contaminación;
- influencia positiva sobre el funcionamiento del mercado interior y el comercio transfronterizo;
- influencia positiva sobre la interoperabilidad de las aplicaciones;
- vínculos con los intereses derivados de las consultas y convocatorias de ideas y casos prácticos;
- influencia de la Comisión Europea y las autoridades de los Estados miembros;
- limitaciones de tiempo y oportunidades [EGNOS ya está disponible, la validación en órbita (IOV) de Galileo lo estará en breve y la plena capacidad operativa (FOC) de Galileo tardará un poco más];
- valor añadido específico procedente de las ventajas competitivas de los servicios de EGNOS y Galileo: autenticación, integridad, precisión elevada para el posicionamiento, navegación y determinación de la hora.

Sin embargo, se dejan otras vías de acercamiento a otros agentes y a las fuerzas del mercado. Además de estos sectores prioritarios, la Comisión propone intensificar la innovación en todos los ámbitos con

una acción «horizontal» para mejorar aún más la presencia de los servicios GNSS de la UE.

Asimismo, han surgido nuevas ideas a través de convocatorias abiertas de propuestas de investigación en el marco de los VI y VII Programas Marco de I+D de la Unión Europea o de convocatorias de ideas, como los «**Galileo Masters**».

Los *Galileo Masters* son concursos abiertos de ideas de aplicaciones para Galileo. Se vienen organizando anualmente desde 2004, por la Comisión Europea con la colaboración de diferentes organismos. Su objetivo es que tanto empresas como particulares investiguen y desarrollen nuevas aplicaciones para el sistema Galileo, con espíritu empresarial, para que se beneficien de ellas tanto los ciudadanos europeos como los de todo el mundo. Está dirigido tanto a empresas, como a particulares, a institutos de investigación y a universidades. Los premios se dividen en tres categorías: ganador absoluto, premios regionales y premios especiales. En su primera edición comenzó con la participación de tres regiones y actualmente, en su décima edición cuenta con más de 20, y una dotación en premios de un millón de euros. Esto se ha conseguido en estrecha colaboración con entidades regionales, institucionales e industriales internacionales y es un indicador de que se ha convertido en un estímulo global de innovación y experiencia en el sector de la navegación por satélite.

Como ya se ha mencionado, hay un premio absoluto, 23 premios regionales y 7 premios especiales, como por ejemplo a la idea más prometedora en cuanto a su implementación en el mercado, a la idea más innovadora, a la mejor innovación patentada, a la mejor idea en aplicaciones basadas en sistemas de aumentación, aplicaciones relacionadas con la seguridad...

A modo de ejemplo, en 2009 fue galardonado con el premio absoluto un español, que propuso un sistema (el *osmógrafo*®) capaz de determinar las áreas que han sido cubiertas por unidades caninas en procesos de búsqueda y rescate, teniendo en cuenta la dirección del viento y las

capacidades olfativas de cada perro. Consta de un dispositivo GNSS acoplado al perro y un sensor de viento que envían información a una unidad de monitorización central que opera el coordinador del rescate.

Otro sistema relacionado con el salvamento, en este caso de rescate y seguimiento de un hombre al agua, fue el ganador del año 2008, llamado *Real-Time Rescue* consistente en un pequeño dispositivo que llevaría cada miembro de la tripulación bien en un chaleco salvavidas o incluso en su propia ropa de trabajo y que se activaría con la inmersión, y en una unidad de rastreo y recuperación fija en el barco.

También un sistema español, denominado *E-warning* fue galardonado. Consiste en un dispositivo que sirve para alertar a los conductores con suficiente antelación sobre la presencia de obstáculos, como un vehículo averiado en la carretera. Fue ideado, no solo para mejorar la seguridad en la carretera, sino también para aliviar la congestión del tráfico que un incidente de este tipo suele producir.

5.2.5. Servicios Premium

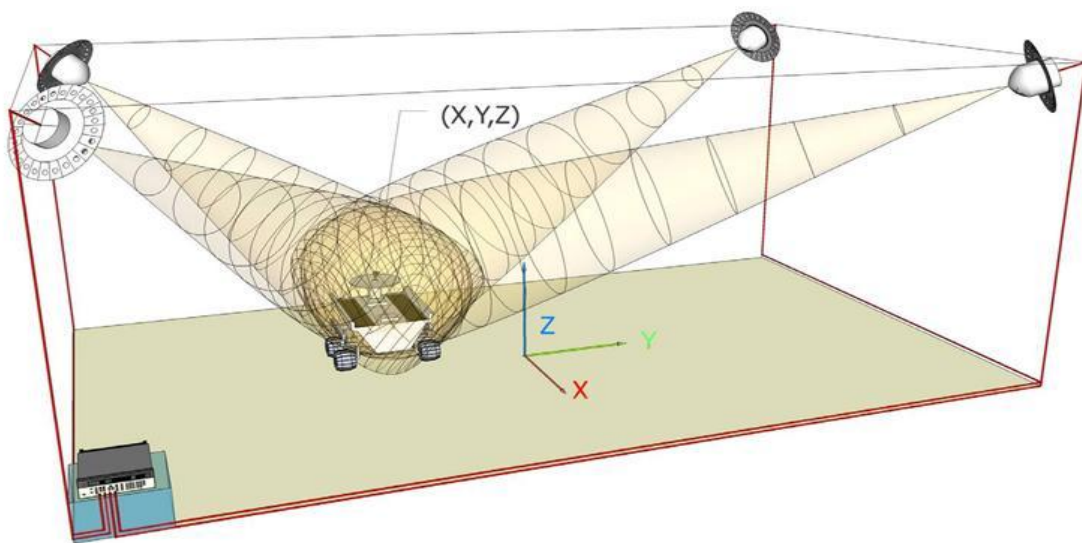
El análisis de mercado de Galileo constata que un número significativo de usuarios tienen necesidad de un rango de servicios de altas prestaciones que proporcionen información de la posición con niveles de precisión mejorados, incluso en entornos difíciles.

Además, muchas aplicaciones dependerán de servicios integrados en los que la información básica de navegación esté integrada con mapas, itinerarios y otros datos de valor añadido.

Servicios derivados de las diversas aumentaciones locales propiciarán una mejora de los niveles del servicio global prestado por Galileo, combinando, en un ámbito local, satélites de navegación con otros sistemas de datos de navegación y comunicación.

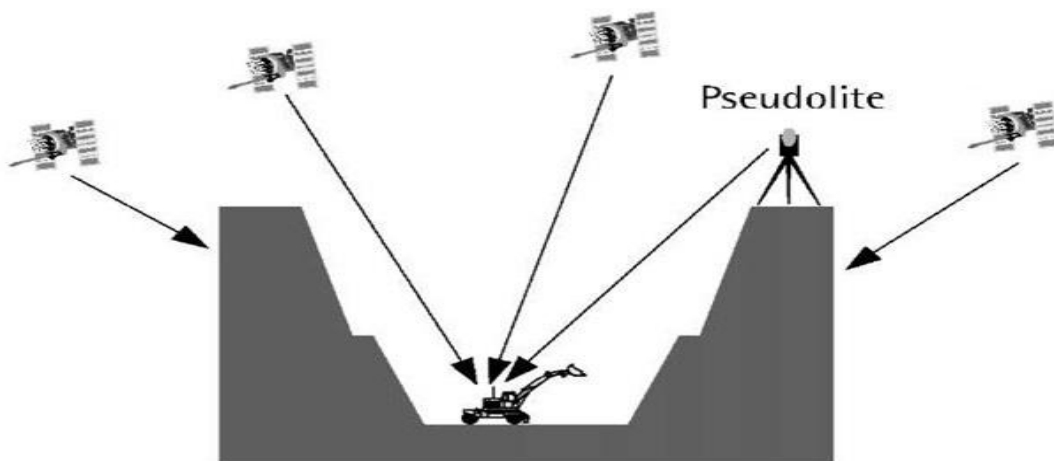
El análisis de los diversos sistemas de aumentación locales o elementos locales ha permitido establecer los niveles de rendimiento necesarios para la cobertura de lugares de visibilidad reducida tales como zonas urbanas, interiores, zonas montañosas, etc.

En este sentido se ha investigado acerca de la posible incorporación de "pseudolites" (pseudo-satélites), es decir, pequeños transceptores que desempeñarían un papel similar al de los satélites, pero situados en puntos estratégicos como por ejemplo en la cima de una montaña, cerca de un valle profundo o en edificios altos, como parte de un sistema local de aumentación de la señal del sistema Galileo. Esta tecnología ya se ha puesto en práctica con éxito para dispositivos GPS.

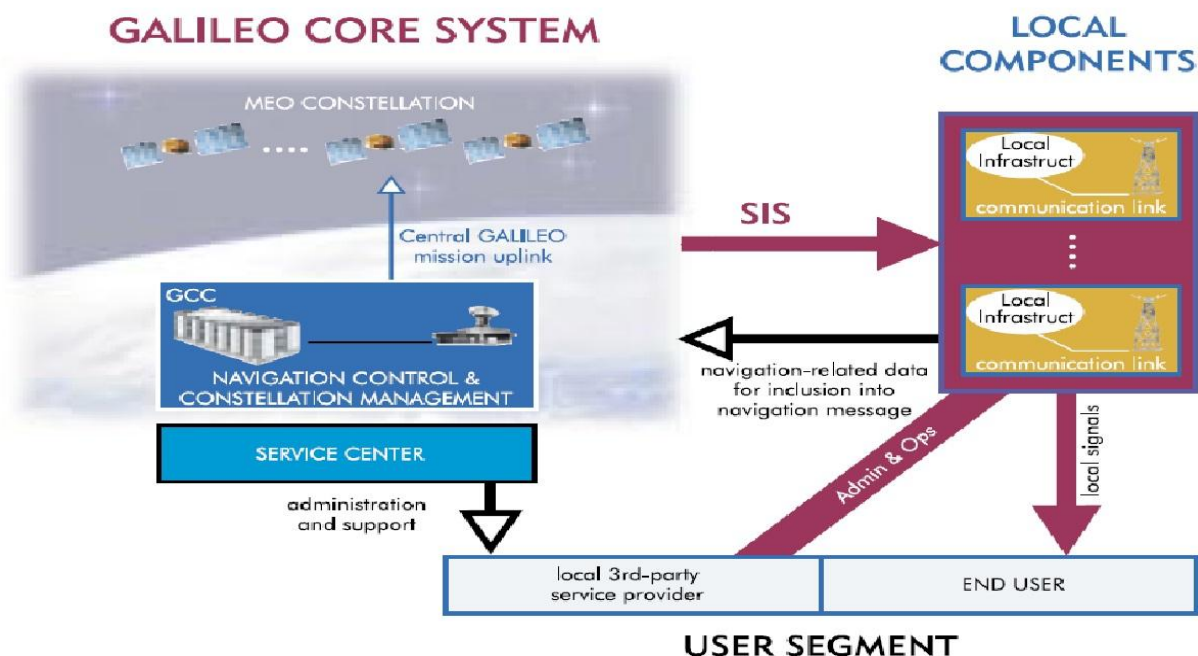


Los *pseudolites* mejorarían la precisión de la componente vertical debido a su geometría, por lo que serían adecuados en operaciones avanzadas, tales como las aproximaciones de precisión de los aviones, o para condiciones ambientales especiales, tales como el posicionamiento en interiores.

Se ha determinado que dichos elementos, en combinación con las ya previstas estaciones diferenciales de referencia, mejorarán la disponibilidad de la señal en estas localizaciones críticas y el rendimiento en términos de precisión, continuidad e integridad.



El mencionado *componente Local* está formado por todos los elementos locales que proporcionan alguna mejora a los niveles del servicio global Galileo en un área de cobertura local. En combinación con los servicios proporcionados sólo por los satélites, los elementos locales desarrollan prestaciones mejoradas en zonas locales que pueden comprender rangos de tan sólo unas decenas de metros en el interior de edificios a miles de kilómetros cuadrados.



Los elementos locales proporcionan correcciones diferenciales, señales de navegación adicionales o servicios de difusión de datos por medio de

transmisiones locales utilizando equipos expresamente diseñados o bien sistemas de comunicación o navegación existentes.

Uno de estos elementos locales son las Estaciones de Referencia Diferenciales (DRS), que se componen de un receptor Galileo fijo, el cual mide la distancia a los satélites. Dado que la ubicación exacta de dicha estación es conocida con precisión, se puede calcular la corrección diferencial para eliminar la mayor parte del componente de error común para todos los usuarios dentro del área de cobertura del servicio local. Esta información es difundida junto con la información local relevante de integridad al terminal del usuario, donde se aplicará la solución de navegación correspondiente para ofrecer un posicionamiento de alta precisión.

En determinadas zonas locales, también se podrá proporcionar información avanzada de integridad mediante la utilización de Monitores de Integridad Local (LIM). Estos monitores pueden difundir mejoras con respecto a todos los aspectos de la provisión de integridad, tiempo nominal de alarma, límites de alarma y riesgo de detecciones perdidas. Además, estos monitores de integridad local, pueden utilizarse para asegurarse de que las estaciones de referencia diferenciales no emiten información engañosa.

Estas aplicaciones fueron cuidadosamente seleccionadas a fin de asegurarse que comprenden una importante sección de aplicaciones y mercados representativos que producirán importantes beneficios tanto comercialmente como en bienes públicos. Así mismo, también para que las aplicaciones resultantes abarquen todo el abanico de posibles soluciones técnicas.

6. EVOLUCION DEL PROYECTO

La existencia del GPS norteamericano, y en menor medida el GLONASS ruso, siempre supuso para los Estados europeos una toma de conciencia de su debilidad estratégica y tecnológica en este campo.

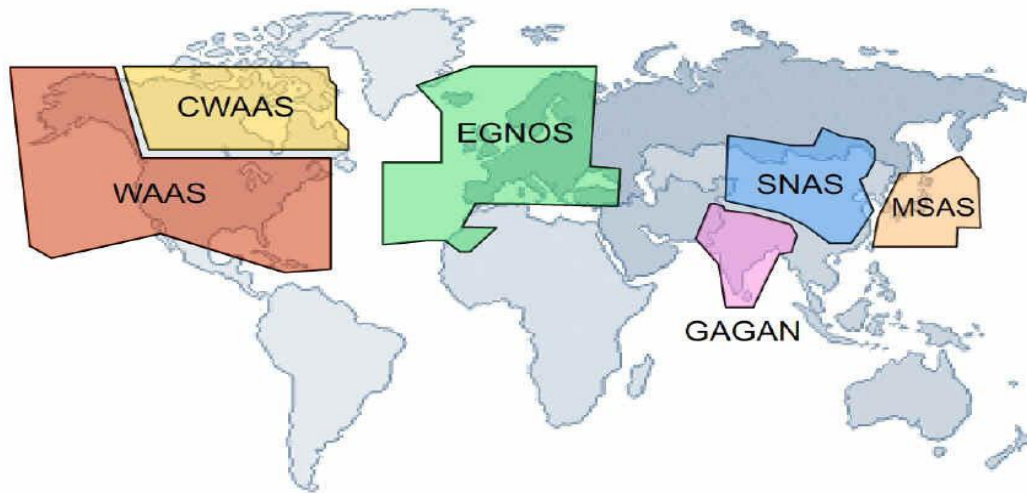
Mediados los años ochenta, la Agencia Espacial Europea (ESA) da carpetazo a sus propias ilusiones de desarrollar un sistema propio de navegación por satélite, en el que había empezado a trabajar, conocido como NAVSAT.

La ESA prosigue su desigual batalla preparando a la industria europea mediante pequeños contratos tecnológicos, sin recursos para lanzarse por el momento al sueño de desarrollar y desplegar una constelación propia. No obstante, la idea y la necesidad estaban ya presentes en muchas mentes de la Unión Europea, que se iba perfilando, cada vez con mayor claridad, una potencia mundial.

El principio de los noventa supuso un paso intermedio en la forma de una aproximación menos ambiciosa, que se concreta con la creación del Grupo Tripartito (UE, ESA y Eurocontrol) en el año 1994 para poner en marcha lo que se conocerá más tarde como EGNOS que, sirviéndose de la existencia de una señal GPS libre (Standard Positioning Service), mejora las prestaciones ofrecidas, sobre todo introduciendo lo que se llama el canal de integridad.

EGNOS supone también la respuesta competitiva europea al desarrollo del Wide Area Augmentation Service (WAAS) en Estados Unidos, destinado al área geográfica de América (en el área de Canadá opera el Canadian WASS, CWASS) y del MSAS en Japón (destinado a Asia).

Así, Europa ha implantado y sigue desarrollando su propio sistema, interoperable con los ya operacionales WAAS y MSAS y con sistemas de aumentación en vías de implementación como los de India GAGAN y china SNAS.



Aunque EGNOS es una pieza clave por lo que supone de experiencia en un sistema de navegación, la Unión Europea vuelve con el cambio de siglo (cada década parece resurgir el interés) a lo que es realmente un sistema europeo autónomo de navegación satélite, que se bautiza con el nombre de Galileo.

Por fin parece que Europa se agrupa uniendo para este proyecto su Institución política, la Comisión Europea (CE) y su Agencia Espacial (ESA). Ambas organizaciones acuerdan lanzar el programa de forma preliminar en 1999, a través de resoluciones aprobadas al más alto nivel.

Durante 2000 y 2001 se realizan estudios básicos de viabilidad y definición para finalmente aprobar el 5 de abril de 2001 la Comisión de Transportes de la UE, la fase de desarrollo del programa Galileo, que comenzó en 2002.

6.1. Fases de implantación

El proyecto Galileo se desarrolla pues en tres fases definidas por la Dirección General de Energía y Transportes de la Comisión Europea. Estas fases que aquí se exponen fueron definidas al inicio del proyecto, pero han sufrido modificaciones ya que el desarrollo del sistema se ha ido retrasando por el desacuerdo entre los países miembros de la UE y la falta de fondos de financiación del proyecto. En la actualidad se espera que Galileo esté operativo para 2014.

6.1.1 Definición del sistema (1999-2002)

Esta fase, la Comisión Europea y la Agencia Espacial Europea movilizaron gran parte de la industria europea para las distintas partes del programa, formándose alianzas a nivel nacional e internacional para participar en el proyecto Galileo.

Entre los estudios y proyectos llevados a cabo por las distintas compañías, cabe destacar:

- GALA: encargado de suministrar los requisitos de la misión, diseñar la arquitectura global de Galileo, estudiar su conexión con otros sistemas y definir los elementos no espaciales necesarios.
- GEMINUS: estudio para la definición de servicios de Galileo en función de las necesidades de los usuarios.
- INTEG: estudio para integrar el sistema de aumento EGNOS en el proyecto Galileo.
- SAGA: proyecto para la estandarización de Galileo.
- GalileoSat: estudio sobre el segmento espacial del sistema.

Como resultado de la fase de definición, la Comisión Europea en conjunto con la ESA editaron el Documento de Definición de Galileo en el que se resumen los hitos que se han alcanzado en esta fase del proyecto.

6.1.2. Desarrollo del sistema (2002-2013)

Para la fase de desarrollo del sistema, la EC y la ESA decidieron crear la GJU (Galileo Joint Undertaking), para movilizar los fondos provenientes de los sectores público y privado, necesarios para completar las diferentes fases del programa. Dicha organización supervisó el trabajo de distintas empresas con el fin de desarrollar el sistema, tanto los segmentos espacial como de tierra, y validar el funcionamiento del mismo hasta 2007, momento en que la GNSS Supervisor Authority tomó el relevo.

En concreto para el desarrollo de sistema, que se van a llevar a cabo diversas tareas en la actualidad, que son:

- GNSS Supervisor Authority: La GSA se encargará de establecer y supervisar las PPP (Public Private Partnerships), entre el sector público y privado con el fin de financiar el proyecto Galileo.
- Galileo in Orbit Validation: La GNSS Supervisor Authority se encargará junto con la ESA de supervisar el funcionamiento de los primeros satélites ya lanzados al espacio (que son los GIOVE-A y B y cuatro satélites IOV) y que demuestren la capacidad operativa del sistema.
- FP6 y FP7 (Framework Programs funded European Research and Technological Development) Programas Marco de la Unión Europea para la investigación: Programas en el marco del GJU para fomentar el desarrollo de la investigación, que gestionan y ofrecen subvenciones para agentes de la investigación de toda Europa y de fuera de ella con el fin de cofinanciar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico y demostración. Proveerán, en dos períodos, una gestión técnica de proyectos de desarrollo que serán la base del funcionamiento de Galileo. El primero de 2002 a 2006 (FP6) y el segundo de 2007 a 2013 (FP7).
- Integración con EGNOS: GJU se encargará de gestionar la integración del nuevo sistema con el SBAS EGNOS ya desarrollado.

La fase de desarrollo lleva un retraso de cuatro años con respecto a la planificación original, por los motivos comentados anteriormente. Inicialmente fue concebida para ser completada en el año 2009.

6.1.3. Operación y explotación comercial (2014 en adelante)

La explotación del sistema se llevará a cabo por la GNSS Supervisor Authority descrita anteriormente a través de la empresa concesionaria GOC (Galileo Operating Company). Dicho organismo se encargará de la explotación comercial del sistema, permitiendo obtener unos mayores beneficios económicos por el desarrollo de aplicaciones comerciales, una

gestión efectiva y la obtención de fondos para la financiación del proyecto.

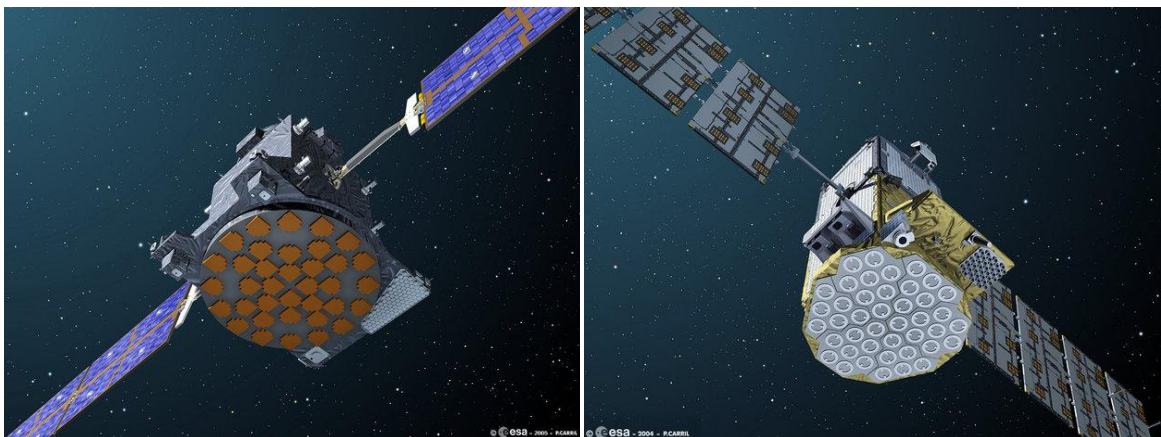
En la actualidad Galileo Industries S.A. es uno de los principales consorcios formados por distintas empresas, que se encarga de dicha fase. Está compuesta por Alcatel Space, Alenia Spazio, Astrium GMBH, Astrium Ltd y la española GSS, que agrupa distintas empresas (Hispasat, GMV, Alcatel Espacio, Sener, EADS-CASA, Indra, AENA).

6.2. Fases de funcionamiento

Aunque en lo que se refiere al proceso de implantación del sistema, englobando los aspectos político-económicos y de financiación se han definido tres fases, en lo relativo a la puesta en funcionamiento del sistema, se habla de dos fases: IOV (In Orbit Validation) y FOC (Full Operational Capability).

6.2.1. Fase de Validación en órbita (IOV)

Es la fase en la que se encuentra en la actualidad el Sistema. Comenzó con el lanzamiento en 2005 y 2008 de dos satélites experimentales: el GIOVE-A y el GIOVE-B. Su misión es la de proporcionar datos sobre las condiciones del espacio en la órbita en la que se encuentran. Especialmente acerca de los niveles de radiación, que es mayor que en las órbitas de satélites LEO y GEO.



Satélites GIOVE A y GIOVE-B (*GSTB-V2/A y B.*)

De esta forma, los siguientes satélites lanzados y los que les seguirán, se pueden desarrollar mejor para lidiar con el entorno. Además, con los dos GIOVE, se hicieron pruebas para determinar la señal que van a utilizar el resto de satélites de la plataforma.



Satélite GIOVE-A siendo integrado en un módulo de la lanzadera Fregat.

Dentro de esta fase, en 2008 la Agencia Espacial Europea adjudicó contratos a determinadas empresas para que trabajaran en la construcción y el lanzamiento de cuatro satélites operacionales que fueron lanzados por parejas en dos lanzamientos independientes en 2011 y 2012. Los dos primeros se ubicaron en el primer plano orbital y los otros dos en el segundo. Estos cuatro satélites, junto a la infraestructura de tierra asociada, permiten validar las operaciones y las prestaciones del sistema Galileo.

Recientemente (el 12 de Marzo de 2013), merced a estos cuatro satélites, se determinó por primera vez la longitud, latitud y altitud de un punto con tecnología íntegramente europea, desde el Laboratorio de Navegación del corazón técnico de la ESA, ESTEC, en los Países Bajos. La posición se fijó con una precisión de entre 10 y 15 metros, el margen previsto teniendo en cuenta la limitada infraestructura disponible de momento.



Satélites FOC de la fase In Orbit Validation.

Los cuatro satélites que conforman la constelación Galileo por ahora están sobre el horizonte al mismo tiempo durante un máximo de dos a tres horas al día, intervalo que irá aumentando a medida que se despliegue el resto de la constelación y las nuevas estaciones de seguimiento entren en servicio, con el objetivo de ofrecer los primeros servicios de Galileo a finales de 2014.



Satélite IOV-4 siendo integrado en el módulo superior de la lanzadera Fregat.

La arquitectura de la fase de validación ha sido diseñada y está siendo implementada como parte integral de la fase de capacidad operativa plena, es decir, del sistema completo, consistente en 30 satélites y el conjunto de estaciones remotas distribuidas alrededor de todo el mundo

para controlar y monitorizar la constelación y distribuir los servicios de navegación y temporización a los usuarios.

6.2.2. Fase de Capacidad Plena de Operaciones (FOC)

La fase de capacidad plena de operaciones consiste en el desarrollo de la restante infraestructura espacial y terrena. Como se ha mencionado anteriormente, el sistema Galileo estará formado por una constelación de 30 satélites (nueve operativos y uno de reserva por cada plano orbital) más las estaciones y demás infraestructura correspondiente del elemento terreno necesaria para gestionarlos.

Cuando los 30 satélites se encuentren en órbita, se habrá alcanzado la Capacidad Plena de Operaciones y Galileo estará preparado para ofrecer servicios de posicionamiento de alta precisión a una gran variedad de usuarios de todo el mundo.



Ingenieros trabajando en un satélite de la nueva generación (FOC) de Galileo.

Entre 2010 y 2012 la Agencia Espacial Europea adjudicó nuevos contratos para la construcción y el lanzamiento de otros 22 satélites, que se unirán a los cuatro ya existentes. Esto significa que ya está en marcha la puesta en órbita de un total de 26 satélites. Los últimos cuatro satélites restantes y sus lanzamientos todavía no se han contratado.

Esta segunda fase de lanzamientos prevé inicialmente que para 2015 Galileo cuente con 18 satélites ya en órbita, momento a partir del cual se empezarán a prestar tres servicios iniciales (Servicio Abierto, Búsqueda y Salvamento y Servicio Público Regulado). Los satélites restantes se lanzarán con posterioridad hasta alcanzar los 30 satélites en órbita. Esto está previsto que ocurra hasta el año 2020, cuando se empezarán a prestar los restantes servicios (Servicio comercial y servicio para la seguridad de la vida humana).

En 2011 se cerró un acuerdo entre el Ministerio de Fomento y la Comisión Europea para ubicar en Madrid de las tres estaciones maestras de control (GCC). Las otras dos están situadas en Italia y Alemania. Dicha estación se está instalando en el Centro de Control de Tránsito Aéreo de Madrid, en Torrejón de Ardoz y será operada por AENA. Generará entre 35 y 50 puestos de trabajo directos y varios indirectos.

Igualmente, en 2013 se firmó un acuerdo para situar una de las tres estaciones SAR en Maspalomas, Gran Canaria. Las otras dos, están situadas en Chipre y Noruega.

Son dos ejemplos del apoyo de España a la iniciativa de la Unión Europea de implantación del sistema Galileo.

7. COMPARACIÓN CON EL ACTUAL SISTEMA GPS

Ya hemos hablado del NAVSTAR GPS (NAVigation Satellite Time And Ranging Global Satellite System) americano, que es el sistema de navegación por satélite más extendido en todo el mundo. Es ampliamente utilizado para la navegación por los usuarios públicos, profesionales y otras organizaciones. Hoy en día, el GPS no sólo se utiliza con los clásicos receptores de posicionamiento y navegación, sino que se está integrando cada vez más en una gran variedad de dispositivos tales como los teléfonos móviles (smart phones).

El sistema GPS fue aprobado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos en 1973 como síntesis de los esfuerzos desarrollados en tres proyectos independientes de los que se transfirieron tres elementos tecnológicos básicos:

- El programa **TRANSIT** aportó la experiencia práctica de un sistema en operación, el *U.S. Navy Navigation Satellite System*. Dicho sistema se cimentó inicialmente en unos trabajos realizados para conocer la posición y trayectoria de un satélite (el Sputnik I) a través del seguimiento de las ondas de radio que emitía dicho satélite, observando la variación que experimentaba su frecuencia, de acuerdo con el efecto Doppler. Posteriormente, advirtieron que si era posible encontrar la posición de un satélite artificial conociendo la posición de una serie de receptores situados en la tierra, conocida la situación de diversos satélites también se podría calcular las coordenadas de un punto en tierra, de posición incierta o aproximada.
- El programa **TIMATION**, también desarrollado por la Marina de Estados Unidos para suministrar posición y tiempo precisos a observadores terrestres pasivos, aportó fundamentalmente la tecnología de relojes atómicos embarcados en satélites.
- El programa **621-B** de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos demostró las capacidades de un nuevo tipo de señales basadas en el uso de códigos pseudo aleatorios. Una técnica que

permitía usar la misma frecuencia para todos los satélites y detectar señales de varios órdenes de magnitud por debajo del nivel de ruido, siendo además señales muy fáciles de generar.

El sistema Navstar GPS está realizado, financiado y controlado por el DoD (Department of Defense) de los EE.UU. Es el único encargado de su implantación y su control, y está en coordinación con el DoT (Department of Transport), quien se encarga a su vez de administrar el sistema para los usuarios civiles.

Esta es la principal diferencia con el sistema Galileo y una de las principales razones, si no la principal, para que se haya acometido su puesta en marcha. Galileo está concebido como un sistema para uso civil, mientras que GPS fue diseñado para su uso militar.

GPS tiene tres modos de funcionamiento diferentes: el de alta precisión (Precise Positioning Service, PPS) reservado para usuarios controlados y autorizados, generalmente pertenecientes al sistema militar estadounidense y que requiere unos receptores específicos; el civil estándar (Standard Positioning Service, SPS) que es el que utilizan hoy en día los usuarios, disponible globalmente de forma gratuita para los dispositivos receptores compatibles. Y por último el civil con error aleatorio, en el que el responsable militar estadounidense podría introducir un error en cualquier momento, de forma que los receptores darían errores de cientos de metros.

El sistema Galileo, también tendrá diferentes modalidades en función del tipo de servicio que al que se dedique, como se ha detallado en la correspondiente sección de este trabajo: El servicio abierto, el comercial, "Safety of Life", el público regulado y el de operaciones SAR. Pero si bien algunos de estos servicios estarán sujetos a una gestión orientada a su explotación comercial, todo el sistema está concebido y construido para un uso civil, principalmente para la navegación aérea y la marítima civiles, eliminando las actuales restricciones. Usos que requieren una alta fiabilidad constante, controlable y demostrable en todo el mundo.

En algunas ocasiones se han dado casos de fallos o interrupciones en la señal del servicio GPS. Estas interrupciones pueden tener consecuencias desastrosas, especialmente cuando no hay alarma ni información inmediata de los errores a los usuarios. Por ejemplo, un cuerpo de rescate canadiense

reportó el caso de una aeronave afectada por una interrupción de la señal no anunciada de más de 80 minutos, agravada por un error en la posición inicial de 200 kilómetros cuando la conexión se restableció. Las autoridades aéreas islandesas han reportado numerosos vuelos bajo su zona de control con distorsiones similares. También se han dado fenómenos similares en tres estados del centro de los EE.UU. y de interrupciones de la señal de 20 minutos en el Mediterráneo.

El GPS está formado por una constelación de 24 satélites que orbitan en 6 planos orbitales alrededor de la Tierra. Cada plano orbital tiene una inclinación de 55° con respecto al ecuador terrestre. Si bien se ha ido incrementando este número en los últimos años para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema de posicionamiento (según la USNO los satélites operacionales existentes en la actualidad son 31), se considera que la constelación GPS la componen 24 satélites en servicio.

Estos satélites orbitan a una altura media respecto a la superficie terrestre *equivolumen* de 20.183 kilómetros. Respecto a su período de revolución, cada uno recorre una órbita completa cada 11h 58' 02" (es decir, dos órbitas cada día sidéreo) para lo cual van a una velocidad media aproximada de 3'87 km/s, cerca de 14.000 km/h.

Respecto a la cobertura global del sistema GPS, se dice que en el 99'9% de los casos es posible tener un mínimo de 4 satélites visibles por encima de los 5° de altura respecto al horizonte del receptor. Este 0'1% de los casos significa que durante un minuto y medio por día podría indicar una posición con poca fiabilidad. No obstante, en ciertas zonas del globo denominadas de recepción difícil, la cobertura no es segura en más del 3% de los casos, es decir, unos 45 min. por día.

"Regularmente, puede suceder que uno o varios satélites se hallen fuera de servicio por mantenimiento periódico o por fallo técnico, pero en situaciones normales, no suelen estar más de 24h fuera de servicio; no hay más de 4 satélites fuera de servicio cada mes y nunca más de tres al mismo tiempo. Cuando hay 3 satélites fuera de servicio, la cobertura puede ser insuficiente durante casi una hora al día".

(Correia, Paul: Guía práctica del GPS. París, 2000).

Como se ha comentado anteriormente, el segmento espacial del sistema Galileo constará de 30 satélites (27 operativos y 3 de reserva) en órbita media (MEO) distribuidos uniformemente en tres planos orbitales de 56° de inclinación con respecto al Ecuador terrestre, a una altitud media de 23.222 km y tardarán aproximadamente 14 horas en completar una órbita a la Tierra.

Por tanto, podemos decir que en cuanto a la distribución de los satélites habrá diferencias fundamentales entre los dos sistemas que afectarán a las prestaciones que ofrecerán. Habrá un mayor número de satélites Galileo operativos en cada momento. Éstos tendrán una órbita más alejada de la Tierra y su período de revolución será mayor. Además, su órbita será más inclinada con respecto al plano del Ecuador. Todo ello se traduce en una mayor disponibilidad de señales y una mayor precisión para todo el globo en general, y en particular para zonas de latitudes altas (cerca de los polos) en las que tanto el GPS como el GLONASS no ofrecen una cobertura óptima, como por ejemplo el norte de Europa. En este sentido, también será apreciable la diferencia en zonas montañosas, de valles profundos, en cañones, cerca de acantilados o cortados, en grandes ciudades con edificios altos, etc. en las que la cobertura de los sistemas actuales puede tener carencias. Adicionalmente, las propiedades de la señal mejorada del Galileo la harán más fácil de adquirir y monitorizar y más resistente contra interferencias y refracciones.

8. CONCLUSIONES

Es evidente la gran repercusión a nivel global que ha tenido la aparición del sistema de navegación por satélite más extendido hasta la fecha: el GPS. Ha cambiado en el modo en cómo funciona el mundo, proporcionando servicios de posicionamiento y de referencia temporal rápidos y precisos, de los que se benefician hoy en día un conjunto muy amplio de usuarios, de muy diversos sectores.

Un buen ejemplo de ello es el notable cambio que ha supuesto para la navegación marítima. Es importante conocer la situación del barco, el rumbo, la velocidad y la hora con precisión para conseguir una navegación segura y eficaz. A ello ha contribuido el avance tecnológico que ha supuesto el desarrollo de los GNSS, y en particular del GPS americano, facilitando y agilizando estas tareas.

Pero en la actualidad son cada vez más y más extensamente utilizadas las aplicaciones y servicios de navegación por satélite. Se trata de un mercado en constante crecimiento donde las aplicaciones destinadas al mercado masivo son las que mayores beneficios pueden aportar a las empresas. En este sentido, la implantación del sistema Galileo ofrece posibilidades reales de beneficios económicos para las empresas que participen en su desarrollo y en el de aplicaciones basadas en él. El mercado europeo es suficientemente amplio no sólo para que el proyecto resulte viable, sino para generar beneficios económicos y sociales.

Dada la difícil situación actual, Galileo puede suponer no sólo un impacto económico positivo para los países de la U.E., sino también un importante impulso en la creación de puestos de trabajo directos e indirectos para cubrir la demanda de los diferentes sectores de mercado existentes, tanto fomentando la creación de empresas, como en el desempeño de labores de comercialización y distribución de los productos y servicios asociados.

La Comisión Europea va a fomentar el uso de chips y terminales personales compatibles con Galileo y EGNOS a través de la cooperación industrial con los países que poseen GNSS y con los fabricantes de receptores. Esta acción va encaminada a estimular a las empresas del sector de las telecomunicaciones para que desarrollen la incorporación

de receptores Galileo en teléfonos móviles, tabletas, etc., como está ocurriendo ya con el GPS, ya que el mercado de las telecomunicaciones es el mayor con diferencia en términos de tamaño (75 % del mercado mundial de GNSS para productos y servicios) y requiere poca inversión para desarrollar la mayor parte de las aplicaciones, una vez que se generalicen los receptores baratos.

Galileo ayudará a mejorar la vida de los ciudadanos gracias a servicios LBS (Location Based Services), SoL (Safety of Life), SAR(Search And Rescue), pero además abre el abanico de posibilidades, limitadas por las características de los GNSS existentes. Permitirá optimizar la gestión del transporte marítimo y aéreo, la distribución de la energía por redes eléctricas, las redes de comunicaciones, la monitorización de recursos agrícolas, pesqueros y ganaderos para conseguir una mayor eficiencia, y un largo etc.

Las aplicaciones de EGNOS y Galileo para la navegación van a mejorar en gran medida la supervisión y vigilancia del transporte marítimo, incluso en los puertos, en las zonas costeras y en las vías navegables peligrosas, como el Canal de la Mancha. También constituye una herramienta clave para los nuevos dispositivos de seguimiento del tráfico europeo, LRIT (Long-Range Identification and Tracking; sistemas de identificación y seguimiento a larga distancia).

El servicio de búsqueda y salvamento de Galileo, utilizado también en montañas y zonas desérticas, está especialmente diseñado para la seguridad de pescadores y marinos. Al facilitar el seguimiento de los buques, puede facilitar asimismo los procedimientos aduaneros. Otra aplicación hace referencia a las vías navegables interiores: con su mayor precisión, debería constituir una fuente importante de datos para los servicios de información fluvial (RIS; River Information Services).

Para todas esas aplicaciones críticas desde el punto de vista de la seguridad, la Unión Europea ha propuesto la adopción de EGNOS y Galileo en el sector del transporte marítimo en cooperación con la OMI (Organización Marítima Internacional), teniendo en cuenta los convenios internacionales como el Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), así como la

aprobación de las capacidades SAR de Galileo por parte de la organización Cospas-Sarsat.

En definitiva, la implementación del Sistema Galileo va a tener un gran impacto en muy diversos sectores, incluido el del transporte marítimo y es la respuesta europea a la demanda de un mercado en diversificación y crecimiento, ocupado hasta ahora prácticamente en su totalidad por el sistema GPS americano. Respuesta basada desde sus inicios en el concepto de un GNSS controlado por una autoridad civil internacional, que garantice los criterios requeridos en cuanto a precisión, integridad, disponibilidad y continuidad.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKCROYD, NEIL; LORIMER, ROBERT. *"Global Navigation System: A GPS user's guide"*. Londres: Lloyd's of London press, 1990.
- FORSELL, BÖRJE: *"Radionavigation systems"*. Londres: Prentice-Hall International, 1991.
- HOFMANN-WELLENHOFF; BERNHARD ET ALTRI: *"GPS theory and practice"*. Viena: Springer-Verlag, 1993.
- FELIPE LOUZAN LAGO; SANTIAGO IGLESIAS BANIOLA. *"Manual de comunicaciones marítimas"*. La Coruña: E.T.S. náutica y máquinas, 2009.
- *"Libro verde: aplicaciones de la navegación por satélite"*. Bruselas 08/12/2006. COM (2006) 796 final.
- *"Plan de acción sobre aplicaciones basadas en el sistema mundial de navegación por satélite (GNSS)"*. Bruselas 14/06/2010. COM(2010) 308 final.
- BRÉHAUT, DENISE. *"GMDSS: A user's handbook"*. London: Adlard Coles Nautical, 2009.
- *"Introducción al sistema NAVSTAR GPS"*. Apuntes de Q5 DNM: Radar, Arpa e introducción al GPS, FNB UPC (2009).
- *"Sistema europeo de navegación por satélite Galileo"*. ALAIN BORIES, dirección general de Alcatel Space. Nanterre, Francia, 2000.
- *"Galileo: el sistema europeo de navegación por satélite"*. LUIS ANDRADA MÁRQUEZ. División de Navegación por Satélite. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA).
- *"The Galilei Project"* © EUROPEAN COMMISSION. UK, Agosto de 2003. Satellite views © ESA.
- *"EGNOS y Galileo. Explicación de los programas de navegación por satélite de la UE"* © UNIÓN EUROPEA. Luxemburgo, 2012.
- *"Galileo. The European Programme for Global Navigation Services"*. © EUROPEAN SPACE AGENCY, GALILEO JOINT UNDERTAKING, 2005.

- *"European GNSS (Galileo). Open Service. Signal In Space. Interface Control Document"*. © EUROPEAN UNION. Brussels, 2010.
- *"An independent satellite navigation system for Europe. Why we need Galileo"*. © EUROPEAN UNION, 2011.
- *"Programas europeos de navegación por satélite Galileo y EGNOS"*. AUTORIDAD DE SUPERVISIÓN DEL GNSS EUROPEO (GSA), 2008.
- *"BIRTH OF THE EUROPEAN SATELLITE NAVIGATION CONSTELLATION. Galileo In-Orbit Validation"*. © 2011 EUROPEAN SPACE AGENCY.
- *"Key results of satellite navigation research under the sixth framework programme"*. © European Union. Luxembourg, 2010.
- *"GNSS Applications. Are you ready? Europe is!"* © EUROPEAN UNION, 2010.
- *"Galileo and EGNOS. Playing a key role in Europe's global monitoring programme"*. © EUROPEAN COMMUNITIES, 2008.
- *"Galilei"*. © COMUNIDADES EUROPEAS. Bruselas, 2002.
- *"Navegación por satélite. Evolución, tendencias tecnológicas y aplicaciones"*. FÉLIX PÉREZ. Departamento de señales, sistemas y radiocomunicaciones, E.T.S.I.T. (UPM).
- *"Estrategia europea en los sistemas de posicionamiento y navegación por satélite. Los programas EGNOS y Galileo"*. JORGE DEZA ENRÍQUEZ, E.T.S.I.T. (UPM); SANTIAGO HERNÁNDEZ ARIÑO, Programa Galileo Sener.
- *"GALILEO SIGNAL GENERATION -SIMULATION ANALYSIS-"*. ROGER CANALDA PEDRÓS. University of Limerick, Ireland, 2009.
- CORREIA, PAUL. *"Guía práctica del GPS"*. París, 2000.

Otras referencias de internet

- <http://www.satellite-navigation.eu/>
- http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation
- <http://egnos-portal.eu/>
- <http://www.europarl.europa.eu/>
- <http://www.gsa.europa.eu/galileo>
- <http://www.galileoju.com>
- <http://www.navcen.uscg.gov/>
- <http://www.coit.es/>
- <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav>
- <http://europa.eu/publications/official-documents>
- <http://www.rtve.es/noticias>
- http://sociedad.elpais.com/sociedad/2009/03/16/actualidad/1237158008_850215.html
- <http://revicien.net/>
- <http://eur-lex.europa.eu/>
- <http://www.galileo-masters.eu/>
- http://europa.eu/legislation_summaries/transport/intelligent_transport_navigation_by_satellite/124463_es
- <http://www.usno.navy.mil/USNO>
- <http://www.eppgroup.eu/menu/news>

10. ACRÓNIMOS

AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AIS	Automatic Identification System
AltBOC	Alternative Binary Offset Carrier Modulation
AOC	Advanced Operational Capability
APV	APproach with Vertical guidance
ARNS	Aeronautical Radio Navigation Service
ATC	Air Traffic Control
ATM	Air Traffic Management
BOC	Binary Offset Carrier Modulation
BPSK	Binary Phase Shift Keying
COSPAS	COsmicheskaya Sistema Poiska Avariynyh Sudov (Space system for search and distress vessels)
CS	Comercial Service
CWAAS	Canadian Wide Area Augmentation System
DME	Distance Measuring Equipment
DOD	Department of Defense
DRS	Differential Reference Station
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay System
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESA	European Space Agency
ESTEC	European Space Research and Technology Centre
ETCS	European Train Control System
EWAN	EGNOS Wide Area Network

FOC	Full Operational Capability
FP	Framework Program
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation
GBAS	Ground Based Augmentation System
GCC	Galileo Control Center
GCS	Ground Control Segment
GEO	Geostationary Earth Orbit
GIOVE	Galileo In Orbit Validation Element
GJU	Galileo Joint Undertaking
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GMS	Galileo Mission Segment
GNSS	Global Navigation Satellite System
GOC	Galileo Operating Company
GPS	Global Positioning System
GSA	GNSS Supervisor Authority
GSM	Global System for Mobile communications
GSS	Galileo Sensor Station
GSTB	Galileo System Test Bed
ICAO	International Civil Aviation Organization
ILS	Instrument Landing System
IOV	In Orbit Validation
ITU	International Telecommunication Union
JTIDS	Joint Tactical Information Distribution Systems

LBS	Location Based Services
LEO	Low-altitude Earth Orbit
LIM	Local Integrity Monitor
LORAN	LOng RAnge Navigation
LRIT	Long Range Identification and Tracking
MCC	Mission Control Centre
MCS	Master Control Station
MEO	Medium Earth Orbit
MLS	Microwave Landing System
MRD	Mission Requirements Document
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
MTIDS	MuLTifunction Information Distribution System
NAVSAT	Navigational Satellite
NLES	Navigation Land Earth Stations
OD&TS	Orbit Determination & Time Synchronization
OS	Open Service
PPP	Public Private Partnerships
PPS	Precise Positioning Service
PRN	Pseudo Random Noise
PRS	Public Regulated Service
RCC	Rescue Co-ordination Centre
RHCP	Right Hand Circularly Polarized
RIMS	Ranging and Integrity Monitoring Stations
RIS	River Information Services

RNSS	RadioNavigation Satellite System
SA	Selective Availability
SAR	Search And Rescue
SARSAT	Search And Rescue Satellite Aided Tracking
SNAS	Satellite Navigation Augmentation System
SoL	Safety of Live Service
SPS	Standar Positioning Service
TACAN	TACtical Air Navigation system
TCAR	Three-Carrier Ambiguity Resolution
TT&C	Telemetry, Tracking & Command
USNO	United States Naval Observatory
UTC	Universal Time Coordinated
VHF	Very High Frecuency
VOR	VHF Omnidirectional Radio Range
WASS	Wide Area Augmentation System